

**EESTI JÕGEDE JA JÄRVEDE SEISUND**  
***WATER POLLUTION AND QUALITY IN***  
***ESTONIA***





Environmental Report 7

**EESTI JÕGEDE JA JÄRVEDE SEISUND**  
***WATER POLLUTION AND QUALITY IN***  
***ESTONIA***

Environment Data Centre  
National Board of Waters and the Environment  
Helsinki 1993

## Koostajatelt

Käesoleva väljaande koostajad tänavad kõiki autoreid, kelle töö ja abiga väljaanne sündis.

Suur tänu Soome Keskkonnaministeeriumi Keskkonna Infokeskusele selle väljaande kujundamise ja kirjastamise eest.

Eesti Vabariigi Keskkonnaministeeriumi  
Info - ja Tehnokeskus  
EE0013 Tallinn  
Kotka 2  
Tel. (372) 2 55 22 41

## Acknowledgements

The compilers are grateful to the authors, who contributed to this publication.

Special thanks to the Finnish Environment Data Centre for designing and publishing this edition.

Estonian Environment Information Centre  
(EEIC)  
2 Kotka St.  
Tallinn EE0013  
Tel. (372) 2 55 22 41

---

**Tõlge inglise keelde/English translation by**  
Margareta Telliskivi de Villacís

**Published and sponsored by**  
Environment Data Centre (EDC),  
National Board of Waters and the Environment,  
Finland

**Edited by**  
Marja Pylvänäinen, EDC

**Cover photo** © Rein Albri  
Keila jõgi/Keila River

**Printed on**  
Luminova matt 90 g/m<sup>2</sup> paper, cover Galerie Art  
Silk 250 g/m<sup>2</sup>, both papers have been awarded  
the Nordic Environmental Label.

**Printed by**  
IS-paino, Iisalmi Finland 1993

ISBN 951-47-8448-9  
ISSN 0788-3765

## Sisukord

<b>SAATEKS</b> .....	4
<b>1. JÕED JA NENDE SEISUND</b> .....	5
1.1 Hüdroloogiline ülevaade .....	5
1.2 Reostusallikad, reostuskoormus .....	11
1.2.1 Asulate reostuskoormus ja reovee puhastamine .....	11
1.2.2 Toitainete koormusbilanss pinnavees .....	18
1.2.3 Reostuskoormus Läänemerre .....	22
1.3 Veekvaliteet .....	24
1.3.1 Arvustuslik veekvaliteet .....	24
1.3.2 Jõgede veekvaliteedi dünaamika .....	27
1.3.3 Jõgede vee troofsus ja primaarproduktiooni limiteeriv biogeenne element .....	29
<b>2. JÄRVED JA NENDE SEISUND</b> .....	35
2.1 Väikejärved .....	35
2.2 Võrtsjärv .....	39
2.3 Narva veehoidla .....	41
2.4 Peipsi järv .....	41
2.5 Ülemiste järv .....	42
<b>3. VEEKOGUDE REGULEERIMINE</b> .....	45
<b>4. PINNAVEE SEIRE</b> .....	48
<b>KASUTATUD KIRJANDUS</b> .....	54
<b>LISA</b>	
JOONISTE JA TABELITE NIMEKIRI .....	55

## Contents

<b>PREFACE</b> .....	4
<b>1. THE STATE OF RIVERS</b> .....	5
1.1 Hydrological survey .....	5
1.2 Sources of pollution and pollution loads .....	11
1.2.1 Pollution load from point sources and waste water treatment .....	11
1.2.2 Nutrient balance in surface water .....	18
1.2.3 Pollution load into the Baltic Sea .....	22
1.3 Water quality .....	24
1.3.1 Calculated water quality .....	24
1.3.2 The dynamics of water quality in rivers .....	27
1.3.3 Trophy of the water of Estonian rivers and nutrients limiting the primary production .....	29
<b>2. THE STATE OF LAKES</b> .....	35
2.1 Small lakes .....	35
2.2 Lake Võrtsjärv .....	39
2.3 Narva Reservoir .....	41
2.4 Lake Peipsi .....	41
2.5 Lake Ülemiste .....	42
<b>3. REGULATION OF WATER BODIES</b> .....	45
<b>4. SURFACE WATER MONITORING</b> .....	48
<b>REFERENCES</b> .....	54
<b>APPENDIX</b>	
LIST OF TABLES AND FIGURES .....	55

## Saateks

Kogumikku on koondatud rida artikleid, mille eesmärgiks on anda ülevaade Eesti pinnavee seisundist ja selle muutustest viimastel aastatel. Põhiline andmestik vee kasutamise, veeheite ja reovee puhastamise kohta on olnud ametkondlikuks kasutamiseks. Senini ei ole olnud just palju võimalusi nende avaldamiseks laiemale lugejaskonnale.

Veemajandus, selle rakendusuringud, andmebaas ja statistika kannavad möödunud aja heitlikkuse ja sihipäratuse pitserit. Entusiasmile ja teatud inertsil tegudes toetub Eesti veemajandus ka täna.

Jõgede ja järvede seisund sõltub sinna juhitud reostuse hulgast, viimane tootmise mahust ning tootmise ja reoveepuhastuse tehnoloogiast. Tekkiv turumajandus on loonud eeldused nii tootmis- kui ka puhastustehnoloogia kaasajastamiseks, kujunev hinnapoliitika aga vee säästlikuks kasutamiseks. Missuguseks kujunevad veetarbimise tase ja võimalused veekeskkonna kaitseks, näitab lähitulevik, kui toimivad uued omandisuhted ja tootmine on stabiliseerunud. Suuremate veemajanduslike rajatiste ehitamine ja sellele eelnevate rakendusuringute läbiviimine on täna veel paljuski sõltuv välisabist. Koos maksujõulise tarbija tekkimisega on oodata ka veemajanduslase ehitustegevuse üldist elavnemist.

Veekogude seisundis kajastub veemajanduses tehetu, näidates kätte puudujäägid ja lähtealuse edaspidiseks säästvaks arenguks.

Hillar Pachel  
Eesti

## Preface

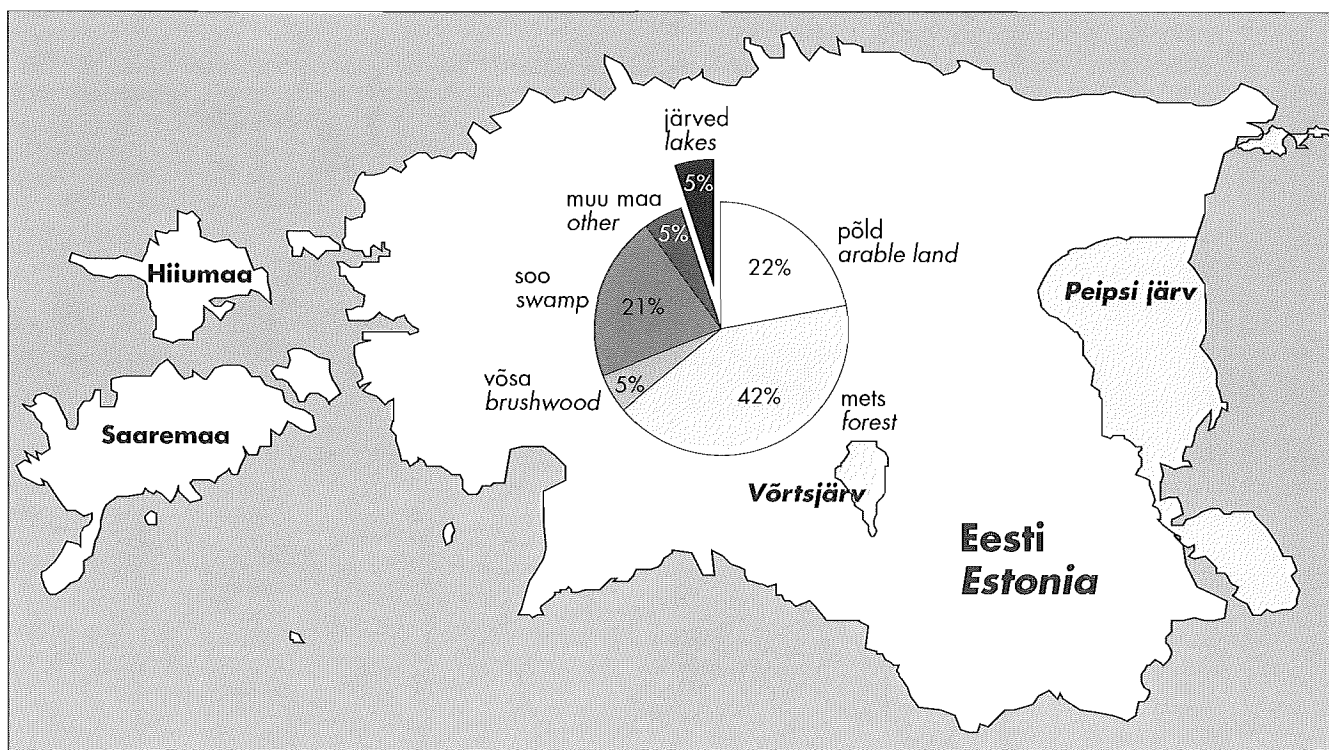
The present publication assembles a number of articles which attempt to give a survey of the state of surface water in Estonia and of the developments in recent years. Most of the data concerning the use of water, effluents and sewage treatment has been available only to specialists until now. This survey provides the possibility to make this data available for the public.

Estonian water policy, applied studies, data management and statistics are still bearing the sign of the inconsistency and endless rearrangements. Even today, Estonian water management is fed to certain degree by enthusiasm and inertia of devoted persons.

The state of Estonian rivers and lakes depends on the volume of pollution led into them. The pollution volume, in its turn, depends on the capacity and technology of economic production, and on the technological level of waste water treatment. The market economy has made it possible to modernize both the production and the treatment technologies. The new price policies favour saving of water. The near future will show how the level of water consumption and new possibilities to protect the aquatic environment will develop in the new situation where the proprietary rights and the volumes of production will have stabilized. Construction of major water management facilities and connected preinvestment studies are still partly dependent on foreign aid. When solvency increases, a general quickening in water management construction can be expected.

The state of water bodies reflects what has been done in water management until now, points out the shortcomings and shows what has to be done for a sustainable development in the future.

Hillar Pachel  
Estonia

**Eesti****Estonia**

Pindala 47,5 tuh. km<sup>2</sup>  
 Elanikkond 1,5 miljonit  
 Rannajoon 3780 km  
 Jõesed üle 50 km pikkuseid - 38  
 Järved üle 1 ha suuruseid - ca 1200  
 Sademed keskmiselt 630 mm aastas

Area 47,5 th km<sup>2</sup>  
 Population 1,5 million  
 Coastline 3780 km  
 Rivers over 50 km long - 38  
 Lakes area over 1 ha - ca 1200  
 Precipitation average 630 mm per year

**1. Jõesed ja nende seisund****1. The state of rivers****1.1 Hüdrololoogiline ülevaade****1.1 Hydrological survey**

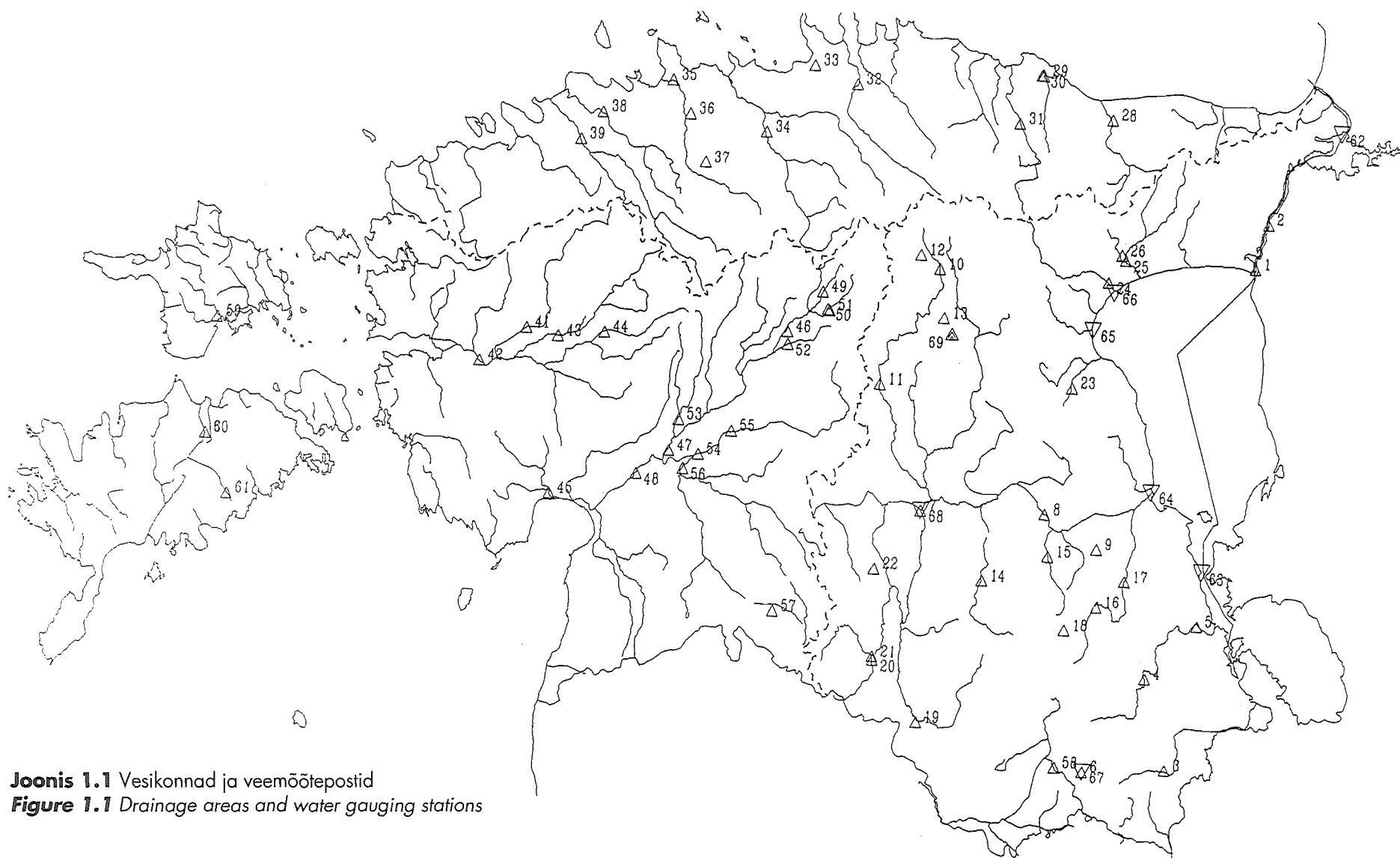
Koostas K. Pachel

By K. Pachel

Eesti jõed on jaotunud veelahkmete järgi nelja vesikonda: Narva-Peipsi vesikond, Soome lahe vesikond, Liivi lahe vesikond ja Saarte veekogud (joonis 1.1). Kolme vesikonna – Narva-Peipsi, Soome lahe ja Liivi lahe vesikonna jõed saavad alguse Pandivere kõrgustiku laialdase karstiala nõlvalt.

Estonian rivers are divided by watersheds into four drainage areas: the catchment area of the Narva River and Lake Peipsi, the catchment area of the Gulf of Riga, the catchment area of the Gulf of Finland, and the catchment area of the islands (figure 1.1). The rivers of three catchment areas (the Narva River and Lake Peipsi, Gulf of Finland and Gulf of Riga) spring from the slope of the Pandivere uplands karst area.

- peaveelahkmed/main watersheds
- △ äravoolu mõõtmispost/runoff gauging station
- ▽ veeseisu mõõtmispost/water level gauging station
- △ Endla looduskaitseala 9 veemõõduposti/9 gauging stations at Endla Nature Reserve



**Joonis 1.1** Vesikonnad ja veemõõtepostid  
**Figure 1.1** Drainage areas and water gauging stations



Eesti geograafilisest asendist ja looduslikest tingimustest tuleneb terve rida iseärasusi nii jõgede morfo-metrias kui ka veevarude jaotumises.

Eesti jõed on lühikesed, väikese valgalaga, seetõttu ka suhteliselt veevaesed. Jõestik on tihe. Äravool moodustub põhiliselt vabariigi territooriumil. Veevarude killustatus väikesteks veekogudeks ja ebaühtlane jaotumine piirab nende kasutamise võimalusi. Eesti jõed on vähekõlbulikud veetranspordiks, tööstuslikuks kalapüügiks ja hüdroenergeetika jaoks. Pinnavee kasutamine linnade veega varustamisel, puhkuse tarbeks ja heitvee eesvooluna on seotud teatud raskustega. Väikeste vooluhulkadega jõed vajavad voolu reguleerimist. Madalveeperioodi suhteliselt väikesed, tihti ka nullilähedased miinimumvooluhulgad ei võimalda heitveele nõuetekohast lahjendust. Veevarude killustatuse kõrval on pinnaveele omane ka ebaühtlane levik. Suhteliselt veevaesem on Põhja-Eesti. Samal ajal aga on Eesti tööstus koondunud just sinna.

Üle 10 km pikkuste jõgede võrgu keskmine tihedus on 0,23 km/km<sup>2</sup> (Liivi lahe vesikonnas - 0,27 km/km<sup>2</sup>, Soome lahe vesikonnas 0,22 km/km<sup>2</sup> ja Narva-Peipsi vesikonnas - 0,23 km/km<sup>2</sup>, saartel 0,11 km/km<sup>2</sup>). Kõige hõredam - 0,005 km/km<sup>2</sup> on vetevõrk Pandivere kõrgustikul, sest pinnas on karsti tõttu väga hea läbilaskevõimega, mis ei soodusta vooluvetevõrgu kujunemist. Pandivere kõrgustiku võlvil puudub vooluvesi 1375 km<sup>2</sup> suurusel maa-alal.

Üle 100 km pikkusi jõgesid on 10. Pikim on Võhandu jõgi 162 km, siis Pärnu jõgi - 144 km. Järgnevad Põltsamaa, Pedja, Kasari, Keila ja Jägala jõgi (*tabel 1.1, vt. tahvel*).

Jõgesid valgalaga üle 1000 km<sup>2</sup> on 15, kusjuures Narva jõe kogu valgalaga on suurem Eesti Vabariigi territooriumist. Pääaegu tervikuna Eestis paikneva Emajõe valgalaga moodustab Vabariigi pindalast 22 % (*tabel 1.1*).

Jõgede pikiprofiili kuju on Soome lahe vesikonnas ja saartel astmeline, ülem- ja keskjooksul on lang väike, alamjooksul suur. Paekaldal moodustuvad joad (Narva j., Jägala j., Keila j., Valgejõgi jt.). Vastavalt klindi kõrgusele väheneb lang alamjooksul idast läände. Suudmealal on lang väiksem neil jõgedel, mis voolavad sügavates kvaternaarieelsetes orgudes (Vääna j., Pirta j., Valgejõgi jt.). Liivi lahe vesikonna jõgede pikiprofiilid on sujuvad. Nende lang väheneb suudme suunas. Narva-Peipsi vesikonna jõed on territooriumi põhja- ja lõunaosas erinevad. Lõuna-Eesti kõrgustikelt algavate jõgede suurim langus jääb nende ülem- ja keskjooksule. Pandivere kõrgustikult Peipsi järve voolavad jõed

Several special characteristics both in the morphology of rivers and in the division of water resources is result from the geographical position and natural conditions of Estonia.

Estonian rivers are short, have a small catchment, and are therefore relatively poor in water. The stream system is dense. Runoff is formed mainly in the territory of Estonia. Utilization of water resources is limited because they are splintered into small, unevenly spread water bodies. Estonian rivers in general are not suitable for water transport, industrial fishing or hydroenergetics. The use of surface water for supplying towns, for recreational purposes or as recipients for waste water is complicated. Rivers which have low flow rates need to be regulated. Small, often almost non-existing flow of low water periods do not dilute waste water sufficiently. Apart from the fact that the water resources are splintered, surface waters are also unevenly divided. North Estonia is relatively poor in water, yet most of the country's industry is concentrated exactly there.

The mean density of the network of rivers which are longer than 10 km, is 0.23 km/km<sup>2</sup> (0.27 km/km<sup>2</sup> in the catchment area of the Gulf of Riga; 0.22 km/km<sup>2</sup> in the catchment area of the Gulf of Finland; 0.23 km/km<sup>2</sup> in the catchment area of the Narva River and Lake Peipsi; 0.11 km/km<sup>2</sup> in the catchment area of the islands). The density of the network is the lowest - 0.005 km/km<sup>2</sup> - in Pandivere upland, because the karst surface there lets water through and a network cannot be formed. In the highest parts of Pandivere upland, there is no flowing water on a territory of 1,375 km<sup>2</sup>.

There are 10 rivers which are longer than 100 km. The longest rivers are the Võhandu River (162 km), the Pärnu River (144 km), the Põltsamaa River, the Pedja River, the Kasari River, the Keila River, and the Jägala River (*table 1.1, see map in Annex*).

The catchment areas of 15 rivers exceed 1,000 km<sup>2</sup>, whereas the catchment area of the Narva River is larger than the territory of Estonia. The catchment area of the Emajõgi River constitutes 22 % of the territory of the country (*table 1.1*).

The longitudinal profile of the rivers in the catchment area of the Gulf of Finland and on the islands is gradual. The slope is gentle on the upper and middle reaches and steep in the lower reaches. Some waterfalls are formed on the limestone banks (Narva, Jägala, Keila, Valgejõgi waterfalls). According to the height of the cliff (the Glint), the grade decreases in the lower reaches from east to west. At the estuary, the grade is smaller in those

**Tabel 1.1** Suuremad jõed**Table 1.1** Rivers

Jõgi River	Pikkus Length km	F km <sup>2</sup>	Langus Grade m	MQ m <sup>3</sup> /s	NQ m <sup>3</sup> /s	Mq l/s km <sup>2</sup>
<b>Peipsi järve - Narva jõe vesikond</b> <b>The basin of the Lake Peipsi and the Narva River</b>						
Narva	77	56200	30	399	114	7,1
Piusa	109	796	208	5,8	1,85	7,3
Võhandu	162	1420	98	10,3	2,44	7,3
Emajõgi	100	9740	4	70,1	17,9	7,2
Pedja	122	2710	67	25,4	3,04	9,3
Põltsamaa	135	1310	71	13,4	2,35	10,2
Amme	59	501	53	3,8	0,12	7,6
Ahja	95	1070	87	7,1	2,35	6,6
Väike Emajõgi	83	1380	81	11,5	1,9	8,3
Õhne	94	573	63	4,5	0,6	7,9
Tänassilma	34	454	8	3,7	0,18	8,1
Rannapungerja	52	601	30	4,9	0,16	8,2
<b>Soome lahe vesikond</b> <b>The basin of the Gulf of Finland</b>						
Purtse	51	810	77	6,6	0,48	8,1
Kunda	64	530	90	6	1	11,3
Loobu	62	308	93	2,9	0,39	9,4
Valgejõgi	85	453	107	3,9	0,7	8,6
Jägala	97	1570	82	12,2	1,34	7,8
Soodla	75	236	62	2,3	0,32	9,7
Jõelähtme	46	321	54	2,4	0,06	7,6
Pirita	105	799	75	7,8	0,51	9,8
Vääna	64	316	50	2,6	0,35	8,3
Keila	116	682	75	6,3	0,62	9,2
Vasalemma	50	403	50	3,8	0,185	9,5
Vihterpalu	48	79	37	4,3	0,066	8,9
<b>Liivi lahe vesikond</b> <b>The basin of the Gulf of Riga</b>						
Kasari	112	3210	62	29,9	1,45	9,3
Vigala	95	1580	63	14,7	0,64	9,3
Velise	72	852	66	7,3	0,061	8,6
Pärnu	144	6920	78	64,4	4,8	9,3
Navesti	100	3000	57	27,9	2,15	9,3
Halliste	86	1900	76	17,3	1,23	9,1
Raudna	58	1140	24	9,5	0,71	8,3
Reiu	73	917	50	7,8	0,11	8,5
Sauga	77	570	60	5,1	0,045	9,0
Mustjõgi	84	1820	30	14,4	2,82	7,9

on astmelise pikiprofiiliga, põhiline langus on kõrgustiku piirides. Saartel on väheste languga väikesed jõed ja ojad.

Eesti suurima langusega jõgi on Piusa, mille lähte ja suudme absoluutse kõrguse vahe on 208 m. Suurim lang on Soome lahte suubuval Mustojal - 3,5 m/km, väikseim Emajõel - 0,04 m/km, kus langus 100 km kohta on kõigest 3,7 m (*tabel 1.1*).

Enamiku Eesti suuremate jõgede laius alamjooksul on 15–20 m, sügavus 2–5 m. Pärnu jõe keskmine laius on 40–50 m, Emajõel 50–80 m ja Narva jõel 250–350 m kuni 600–900 m. Mainitud jõgede sügavus kõigub 5–15 m piires.

Üheks Eesti looduse omapäraks on karstinähtuste (salajõed, kurisud jne.) esinemine Põhja-Eestis ja saartel. Karsti tõttu voolab osa jõgesid kohati maa all (Jõelähtme j., Tuhala j., Kuivajõgi jt.). Pandivere piirkonnale on iseloomulik maapealsete ja maaaluste valgala piiride erinevus. Märgatavalt erinevad on ka äravoolumoodulid kõrvuti asetsevatel jõgedel (näit. Kunda jõgi ja Selja jõgi).

Hüdroloogiline vaatlusvõrk Eesti jõgedel ja järvedel loodi 20-ndatel aastatel. Käesoleval ajal on Eesti jõgedel 61 äravoolu vaatlusposti (*joonis 1.1*). Eesti jõgede äravoolu iseloomustamiseks on võimalik kasutada üle 60 aasta pikkusi vaatlusridu.

Eestis on sademeid 650–750 mm, auramine 470–480 mm ning jõgede äravool 270–290 mm, mis on 35–40 % sademeist.

Keskmine äravoolumoodul on 8,2 l/s 1 km<sup>2</sup> (*tabel 1.1*).

Veerikkaid jõgesid on Eestis vähe. Ainult 13 jõel on aasta keskmine veehulk üle 10 m<sup>3</sup>/s. Veerohkuselt on esikohal Narva jõgi. Isegi tema minimaalne vooluhulk (114 m<sup>3</sup>/s) on suurem kui ülejäänud Eesti jõgede summaarne keskmine vooluhulk. Narva jõe järgnevad Emajõgi ja Pärnu jõgi (*tabel 1.1*).

Eesti jõgede äravoolust 23 % voolab Soome lahte, 43,6 % Liivi lahte, 33 % Peipsi järve ja Narva jõkke ning 0,3 % Venemaale ja Lätisse.

Eesti jõgede äravoolu aastasisene jaotus on muutlik (*joonis 1.2, vt. tahvel*). Enamasti moodustub kevadsuurvesi lume sulamise veest. Kevadsuurvesi esineb enamikul jõgedest ühel ajal, välja arvatud tunduvalt reguleeritud äravooluga jõed - Narva j., Emajõgi. Kevadine suur-vee algab märtsis ja saavutab tipu aprillis. Suvine miinimum algab tavaliselt juuni keskel ja lõpeb septembri keskel või oktoobri alguses (v.a. Narva j., Emajõgi). Sügisese äravoolu tipp langeb novembrikuusse. Talvine madalveeperiood kestab jaanuarist

rivers which flow in deep pre-Quaternary valleys (the Vääna, the Pirita, the Valgejõgi, etc.). As to the rivers of the catchment area of the Gulf of Riga, their longitudinal profiles are smooth and their grade decreases towards the estuary. The rivers of the Narva River and Lake Peipsi catchment area are different in the northern and southern part of the territory. The biggest fall of the rivers which spring from South Estonian uplands is at their upper and middle reaches. The rivers which flow from Pandivere uplands to Lake Peipsi have a gradual longitudinal profile, with the main fall within the limits of the upland. On the islands, there are but small rivers with small grades.

The river with the greatest fall in Estonia is the Piusa River: the difference between the absolute height of its head and its mouth is 208 m. The river with the biggest grade is the Mustoja, which flows into the Gulf of Finland (3.5 m/km), the river with the smallest grade being the Emajõgi (0.04 m/km, fall per 100 km only 3.7 m) (*table 1.1*).

The width of the most of the major Estonian rivers at their lower reaches varies from 15 to 20 m, and the depth from 2 to 5 m. The mean width of the Pärnu River amounts to 40–50 m, that of the Emajõgi to 50–80 m, and that of the Narva River, 250–350 m and in some places up to 600–900 m. The depths of the aforementioned rivers varies from 5 to 15 m.

One of the characteristic features of Estonian nature is the phenomenon of the karst (dissolution of the limestone rocks and river discharge transfer to the underground pathways) in North Estonia and on the islands. Due to the karst, some rivers, such as the Jõelähtme, the Tuhala and the Kuivajõgi, run underground. In the region of Pandivere, the topographic divide and groundwater divide are different. Also the specific runoff of rivers close to each other is notably different (the Kunda and the Selja Rivers).

A hydrological monitoring network on Estonian rivers and lakes was established in the 1920s. At present, there are 61 stations monitoring runoff of Estonian rivers (*figure 1.1*). The length of runoff time-series for nowadays are over 60 years.

Mean annual precipitation in Estonia amount to 650–750 mm, evaporation is 470–480 mm and the runoff of rivers is 270–290 mm, which constitutes 35–40 % of the precipitation level.

Mean runoff is 8.2 l/s per 1 km<sup>2</sup> (*table 1.1*).

There are few abundant rivers in Estonia. Only 13 rivers have a mean annual discharge over 10 m<sup>3</sup>/s. The Narva River is the most abundant in water. Even its

märtsini. Talvise ja suvise miinimumäravoolu suurused on peaaegu võrdsed.

Narva jõel algab kevadine suurvesi aprilli algul, tipp on maikuus, kusjuures suurveevalli langus toimub suhteliselt aeglaselt kuni septembrini. Septembrist novembrini suureneb äravool Narva jõel väga vähe.

Viimastel aastatel on täheldatud aastakeskmise temperatuuri, kuude õhutemperatuuri ja sademete hulga suurenemist võrreldes pikaajaliste keskmistega. Sellest tulenevalt on olnud ka jõgede äravool tunduvalt suurem pikaajalisest keskmisest äravoolust. Äravoolus on kaks keskmisest madalamat perioodi (1939–40.a. ning 1969–70.a.) ja vahepealne väheldasem tõusuperiood (*joonis 1.3, vt. tahvel*). 1985.a. alanud järjekordisel tõusuperioodil on kõik aastakeskmised moodulid üle vaatlusrea keskmise mooduli.

minimal flow rate (114 m<sup>3</sup>/s) is higher than the sum of mean flow rates of other Estonian rivers. The Emajõgi and the Pärnu rivers follow the Narva in the abundance of water (*table 1.1*).

23 % of the runoff of Estonian rivers flows into the Gulf of Finland, 43.6 % into the Gulf of Riga, 33 % into Lake Peipsi and the Narva River, and 0.3 % into Latvia and Russia.

The annual runoff distribution of Estonian rivers varies (*figure 1.2, see Annex*). Spring floods are usually made up of melting snow. Spring floods usually occur at the same time in all rivers, except for the ones with highly regulated runoff, such as the Emajõgi and the Narva rivers. The spring floods usually begin in March and reach their peaks in April. The low water time usually begins in mid-June and continues until mid-September or the beginning of October (with the exception of the Emajõgi and the Narva). The peak of autumn runoff is in November. Winter low water occurs from January to March. The volumes of summer and winter minimal runoffs are about the same.

The spring flood of the Narva River begins early in April, the peak is in May, after which the flood decreases slowly until September. The runoff of the Narva River does not increase much from September to November.

In recent years, the mean annual air temperature as well as the monthly temperatures and precipitations have increased considerably from the long-time average. Due to that, the runoff of many rivers has been remarkably greater than the long-time average. This is characterized by *figure 1.3*, showing the 5-year moving average runoff of the Pärnu-Oore and the Kasari-Kasari stations, which have measured runoff for 69 years. The graph (*figure 1.3, see Annex*) shows two low runoff periods (1939–40 and 1969–70) with a small rise period between them. During the last rise period, which began in 1985, all annual values exceed the average.

## 1.2 Reostusallikad, reostuskoormus

### 1.2.1 Asulate reostuskoormus ja reovee puhastamine

Koostas M. Narusk

Andmed kontsentreeritud reostusallikate (asulad, eraldiseisvad tööstus- ja põllumajandusettevõtted jm.) vee- majanduslike näitajate kohta pärinevad riiklikust vee- aruandlusest. Statistiline aruanne 1-vesi (aastani 1989 2tp (vodhoz)) sisaldab andmeid nii veevõtu, veekasutuse, veeheite kui ka keskkonda juhitava reostuskoormuse kohta.

Veemajandusliku aruandlusega on kaasatud ettevõtted, mis oma veehaardega võtavad vett üle 10 m<sup>3</sup>/ööpäevas ja/või millel on oma heitvee lask eesvoolu. Linna veevärgi ja kanalisatsiooni teenuseid kasutavad ettevõtted on aruandlusse kaasatud linna aruandluse kaudu. Riikliku vee aruandlusega on haaratud olulised tsiviilobjektid (ca 1000 veekasutajat), kaasatud ei ole Paldiski linn ja sõjaväeosad. RAS Silmet (end. Sillamäe Keemia- ja Metallurgiakombinaat), kes on ühtlasi linna veevärgi ja kanalisatsiooni haldaja, lülitus aruandlusse 1989. aastal.

**Veekasutus ja veeheide.** Majanduskriis on põhjustanud viimastel aastatel veekasutuse, heitvee hulga ja reostuskoormuse alanemise. Veekasutus, mis veel 1990. aastal oli 3 miljardi m<sup>3</sup> piires, on 1992. aastaks langenud alla 2,5 miljardi m<sup>3</sup> (tabel 1.2). Ligilähedasel sama suhtega on vähenenud heitvee hulk.

Põhiline osa veest (80–82 %) kasutatakse soojus- elektri- jaamade jahutusveeks. Vee kasutamine olmes ja tootmises on moodustanud viimastel aastatel vastavalt 4,0 ja 5,5 % summaarsest veekasutusest. Vee kasutamine põllumajanduses on viimastel aastatel moodustanud 1,5 % ja kalakasvatuse 6–7 %. Linnade ja alevite veevärkides (olme, toiduainetööstus jm.) kasutatakse põhiliselt põhjavett (Narvas ja Tallinnas pinnavett).

Veeheite põhilise osa moodustab puhastamist mittevajav vesi (jahutusvesi, osaliselt kalakasvatusevesi jm.). Puhastamist vajava heitvee osa 1990–91.a. oli ca 535 mln m<sup>3</sup>. 1992. aastal kahanes see 450 mln m<sup>3</sup> -le, olles kogu veeheitest 16–17 %.

Aruandluse viimaste aastate (1990–1992) veemajanduslikud põhinäitajad on esitatud tabelis 1.2.

## 1.2 Sources of pollution and pollution loads

### 1.2.1 Pollution load from point sources and waste water treatment

By M. Narusk

Data concerning point sources of pollution, i.e. settlements, independent industrial and agricultural enterprises, etc., originate from State water reports. The statistical report includes data about water extraction, about the use of water, about discharge and about the pollution load into the environment.

All enterprises which take in more than 10 m<sup>3</sup>/d of water and/or discharge effluents into recipients, have to report to water management authorities. Enterprises, which use the services of city water and sewerage works, have to be included in city reports. Practically all civil objects (approx. 1,000 water consumers) are included in State water management reports. However, the town of Paldiski and other Russian military bases does not report to the State. State Enterprise Silmet Ltd. (formerly Sillamäe Chemical and Metallurgical Combine), which administers the water and sewerage works Sillamäe, started to report in 1989.

**Water consumption and discharge.** The economic crisis of the recent years has caused a decrease in water consumption, in the volume of waste water and in pollution load. Water consumption was 3 billion m<sup>3</sup> in 1990, but only 2.5 billion m<sup>3</sup> in 1992 (table 1.2). The volume of waste water has decreased relatively as much.

Most of the intaken water (80–82 %) is used as cooling water in thermal power plants. The use of water for domestic and industrial purposes has formed 4.0 and 5.5 % of the total water consumption, respectively. 1.5 % of the consumed water has been used in agriculture and husbandry, 6–7 % in fish-rearing. Water-supply of towns bases mostly on ground water. Narva and Tallinn, however, use surface water.

Most of the waste water does not require treatment, i.e. cooling water, fish-rearing water, etc. In 1990 and 1991, approx. 535 million m<sup>3</sup> of waste water needed treatment. In 1992, this number decreased to 450 million m<sup>3</sup>, which is 16–17 % of the total discharge volume. General water management data of recent years (1990–1992) is presented in table 1.2.

**Tabel 1.2** Veemajanduslikud põhinäitajad 1990–1992  
**Table 1.2** General water management data 1990–1992

	Ühik/Unit	1990	1991	1992
<b>Veevõtt kokku, sh:</b> <b>Total water extraction, incl.</b>	mln m <sup>3</sup> million m <sup>3</sup>	3300	3056	2709
- pinnavesi surface water	-"	2720	2507	2221
- põhjavesi sh groundwater, incl.	-"	495	464	409
- veeladest test from water layers	-"	168	162	142
- kaevandusvesi mine drainage water	-"	328	302	268
- mineraalvesi mineral water	-"	0,015	0,016	0,005
- merevesi sea water	-"	85	85	79
<b>Veekasutus kokku, sh: tarbimisliikide järgi:</b> <b>Total water consumption according to users, incl.</b>	-"	2980	2773	2440
- olme domestic usage	-"	119	107	104
- tootmine industry	-"	164	158	125
- jahutus cooling water	-"	2440	2227	1985
- põllumajandus agriculture	-"	45	41	30
- kalakasvatus fish-rearing	-"	210	206	151
- muu other	-"	8,8	23,5	45
<b>Veeheide kokku:</b> <b>Total discharge of waste water</b>	-"	3260	3072	2692
- puhastamist mittevajav vesi water not requiring treatment	-"	2717	2534	2239
- puhastamist vajav vesi water requiring treatment	-"	536	534	449
- puhastamata not treated	-"	39	30	21
- puhastatud treated	-"	302	291	427
- mehaaniliselt mechanically	-"			203
- bioloogiliselt biologically	-"			111
- füüsikalise-keemiliselt mech.-chemically	-"			113
põhjavesisse ja pinnasesse into groundwater and soil	-"	3,6	5,1	3,2

**Heitvee reostuskoormus.** Riiklik veearuandlus fikseerib keskkonda juhitava reostuskoormuse (jääkreostuse) jättes seejuures kajastamata tekkiva reovee reostusmahu ja üksikasjad reovee puhastuse sobivuse ja tõhususe kohta.

Kui suurema hüdraulilise ja reostuskoormusega objektidel on tõhusama kontrolliga saavutatud reoaine koormusandmete suurem usutavus, eriti orgaanilise reoaine ja hõljumi osas, siis väikestel objektidel on esitatud reostuskoormus pahatihti arvutuslik ja sõltuv eksperdi asjatundlikkusest.

Kuni viimase ajani olid andmed üldlämmastiku ja üldfosfori kohta väheusutatavad, kuna nad olid kas arvutuslikud või puudusid üldse. Aastaid esitati üldlämmastikuna lämmastikühendite mineraalse osa summa. Alates 1990. aastast sisaldab üldlämmastiku näitaja ka orgaanilisi lämmastikuühendeid.

Summeerides erineva täpsusastme ja usutavusega andmeid, tuleb summa tõesusesse teatud ettevaatusega suhtuda ja loobuda kaugeleulatuvatest järeldustest. Nimetatud asjaolusid arvestades on välditud pikema perioodi reostuskoormuse dünaamika analüüsi ja piiratud enamusutava, viimase perioodi esitamisega. *Tabelis 1.3* on esitatud reostusallikate poolt aastatel 1990–92 eesvoolu juhitud reoainehulgad.

**Pollution load of waste water.** The State water management reports shows the pollution load into the environment, i.e. residual pollution, but does not show the pollution volumes created or details concerning the adequacy of the waste water treatment.

If, in case of objects of greater hydraulic or pollution load, the data concerning pollutant loads is reliable due to check-ups (especially as to organic pollutants and suspended solids), then in the case of small objects, the pollution load is often calculated and is directly dependent on the professional abilities of the expert.

Until recently, data concerning total phosphorus and total nitrogen were not reliable because they are not measured directly. For years, total nitrogen was presented as a sum of mineral nitrogen compounds. Since 1990, total nitrogen count includes also organic nitrogen compounds.

By summing up data of different level of exactness and reliability, the result has to be considered with reservations and comprehensive conclusions should be avoided. For this reason, a long time pollution load dynamics analysis has not been presented here, all conclusions have been made on the bases of the recent, more reliable period. *Table 1.3* shows pollutant volumes discharged into recipients by point sources of pollution between 1990 and 1992.

**Tabel 1.3** Reostuskoormus 1990–1992

**Table 1.3** Pollution load 1990–1992

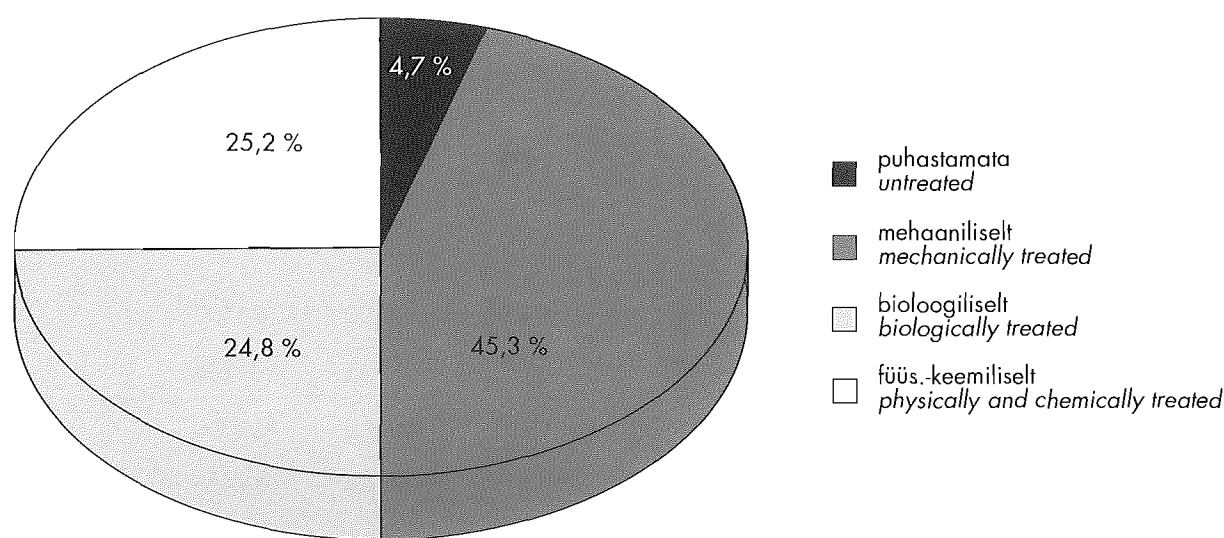
	Ühik Unit	1990	1991	1992
BHTi BOD <sub>tot</sub>	tonni tons	49000	44200	23500
naftasaadused oil products	"-	322	286	154
sulfaadid sulphates	"-	122000	109000	102000
kloriidid chlorides	"-	13000	16000	14600
Püld Pt <sub>tot</sub>	"-	792	909	673
Nüld Nt <sub>tot</sub>	"-	7530	8230	5640
rasvad fats	"-	443	169	146
fenoolid phenols	"-	153	91	82

Nagu tabelist nähtub, on nii BHT, naftasaaduste kui ka rasvade osas reostuskoormuse vähenemine 1992. aastal võrrelduna 1990. aastaga enam kui kahekordne. Tuntav on koormuse alanemine ka teiste reoainete osas. Reostuskoormuse vähenemise põhjustas majanduskriisist tulenev tootmise langus ning reoveepuhastuse tõhustamine (uued reoveepuhastid Rakveres, Kuressaares, Pärnus jm.).

**Reovee puhastamine.** 1992. aastal juhti ära 449 mln m<sup>3</sup> puhastamist vajavat reovett. Sellest puhastati 427 mln m<sup>3</sup> (95,3 %) ja puhastamata jäi 21 mln m<sup>3</sup> (4,7 %). Bioloogiliselt puhastati 111 mln m<sup>3</sup> (24,8 %), füüsika-keemiliselt 113 mln m<sup>3</sup> (25,2 %) ja mehhaaniliselt 203 mln m<sup>3</sup> (45,3 %) (joonis 1.4). 37 % puhastatud reoveest puhastati puudulikult. Piisavalt puhastatud reovee osa (63 %) on suhteliselt kõrge seetõttu, et mehaaniliselt puhastatud kaevandusvee puhastamise (settebasseinid) loeb statistika piisavaks. Reovee puhastamise dünaamika aastatel 1970–92 on esitatud *joonisel 1.5*.

As becomes apparent in the table, pollution load with such pollutants as BOD, oil products and fats, has decreased more than twice between 1990 and 1992. The pollution load has also decreased as far as other pollutants are concerned. This decrease in the pollution load has been caused by the low production volumes in the conditions of an economical crisis as well as a new efficiency in waste water treatment (new waste water treatment plants in Rakvere, in Kuressaare, in Pärnu, etc.).

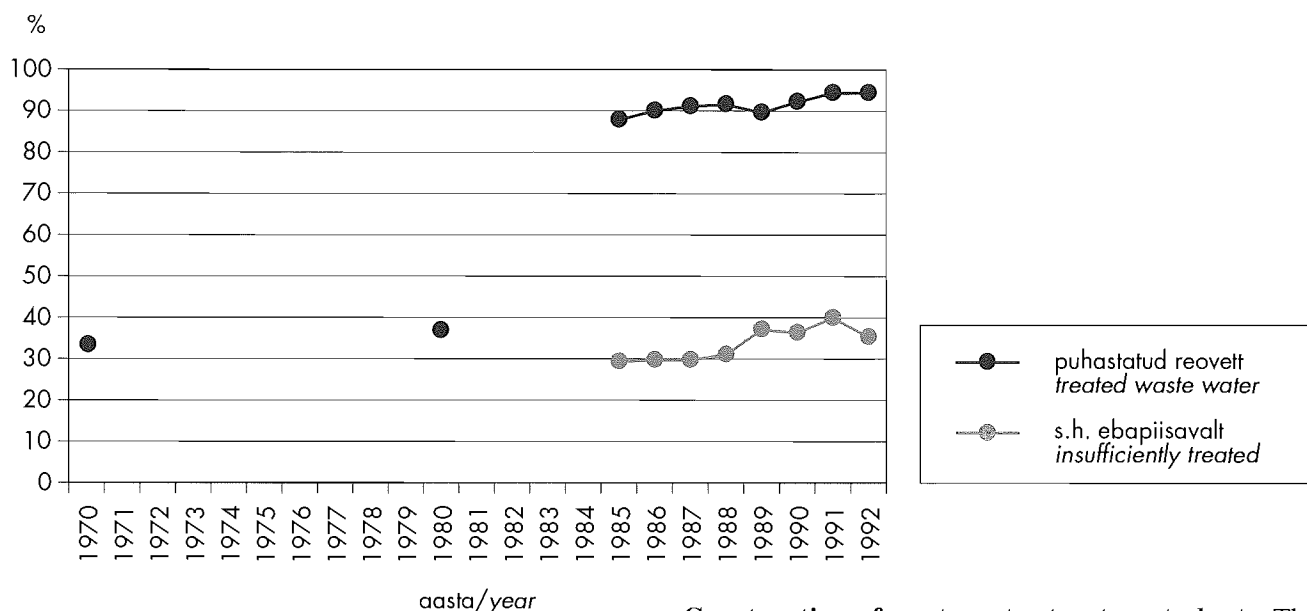
**Waste water treatment.** In 1992, 449 million m<sup>3</sup> of waste water that required treatment were discharged. 427 million m<sup>3</sup> or 95.3 % of it were treated. 21 million m<sup>3</sup> or 4.7 % remained untreated. 111 million m<sup>3</sup> (24.8 %) were treated biologically, 113 million m<sup>3</sup> (25.2 %) physically or chemically, 203 million m<sup>3</sup> (45.3 %) mechanically (figure 1.4). 37 % of the treated water were insufficiently treated. The share of sufficiently treated waste water is relatively high - 63 % - only because according to the statistics, mechanically treated mine drainage water (treated by means of sedimentation basins) is considered sufficiently clean. Waste water treatment dynamics from 1970 to 1992 is shown in figure 1.5.



**Joonis 1.4** Reovee puhastamine. Puhastamist vajab 449 mln m<sup>3</sup>/a

**Figure 1.4** Waste water treatment. To be treated 449 million m<sup>3</sup>/year





**Joonis 1.5** Reovee puhastamise dünaamika  
**Figure 1.5** Dynamics of waste water treatment

**Puhastusseadmete ehitamine.** Kokkuvõtte puhastusseadmete ehitamisest põhineb A. Eipre andmeil.

1965. aastal puhastati 8 % kogu tekkivast reoveest. Esimesed katselised biotiigid, niisutusväljad ja väikesed aktiivmudapuhastid (ringkanalid) rajati aastatel 1965–1967. Esimesed linnalised bioloogilised puhastusseadmed anti käiku 60-te aastate teisel poolel (aerotankid Narvas võimsusega 25 tuhat m<sup>3</sup>/d).

70-te aastate esimesel poolel ehitati intensiivselt bioloogilisi väikepuhasteid. 70-te aastate lõpus ja 80-tel aastatel hakati ehitama bioloogilisi puhastusseadmeid Eesti linnadele ja tööstusettevõtetele. Biopuhastite arv aastate lõikes on esitatud *joonisel 1.6*.

Majanduskriis on viinud meid olukorrani, et 1992. aastal ei antud Eestis, esimest korda üle 30 aasta, käiku ühtegi asula puhastusseadet.

Reoveepuhastite võimsust Eestis iseloomustab *joonisel 1.7*.

Tänaseks on Eestis orienteeruvalt 1150 bioloogilist reoveepuhastit koguvõimsusega ca 160 mln m<sup>3</sup>/a (850 väikepuhastit ja 250 biotiiki). Paljud väikepuhastid ei tööta või töötavad ebarahuldavalt. Omandisuhete muutumine on jätnud osa seadmeid peremeheta, puhastite tehnilise teenindamise süsteem ei toimi.

Suuremate bioloogiliste reoveepuhastusseadmete hüdraulilise ja reostuskoormuse projektandmed on esitatud *tabelis 1.4*.

**Construction of waste water treatment plants.** The summary about the construction of waste water treatment plants is based on A. Eipre's work.

In 1965, 8 % of the generated waste water were treated. The first experimental sewage lagoons, irrigation fields and small activated sludge plants (oxidation channels) were constructed between 1965 and 1967. The first municipal biological waste water treatment plants were constructed in late 1960s (activated sludge tanks in Narva with a capacity of 25,000 m<sup>3</sup>/d).

At the beginning of the 1970s, small biological waste water plants were intensively built. In the late 1970s and at the beginning of the 1980s, the construction of biological waste water treatment plants for Estonian towns and industries began. The number of biological waste water treatment plants according to years is shown in *figure 1.6*.

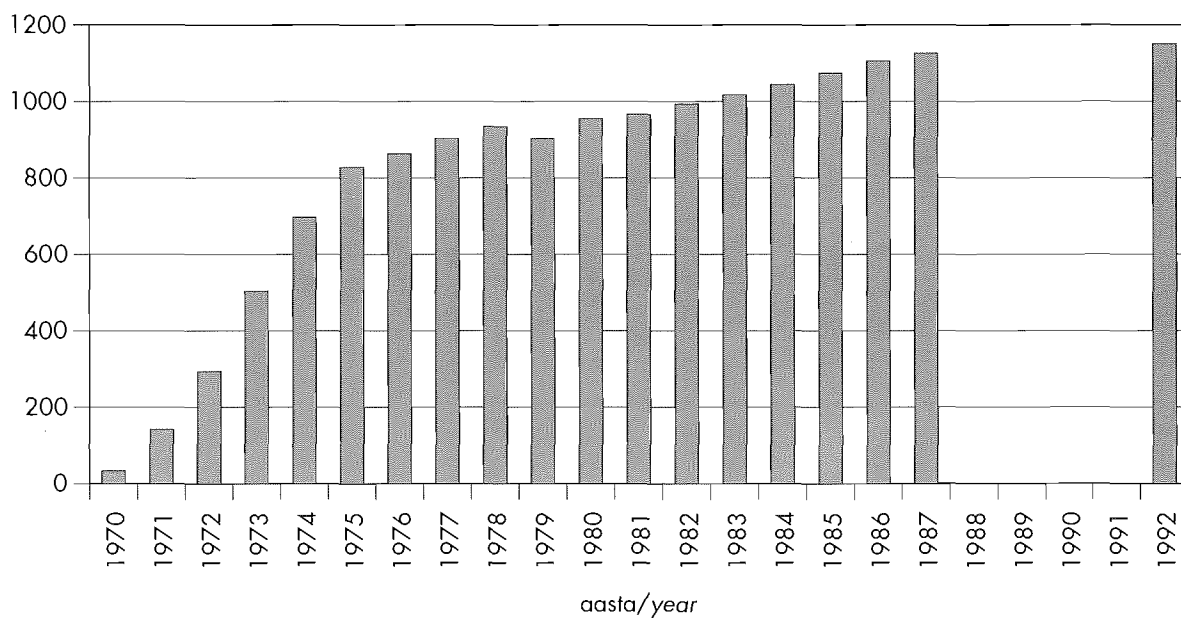
Because of the depression, for first time in 30 years, no municipal waste water treatment plants were put into operation in 1992.

The capacity of Estonian waste water treatment plants is presented in *figure 1.7*.

At present, there are approximately 1,150 biological waste water treatment plants with a total capacity of approximately 160 million m<sup>3</sup>/year (850 small waste water treatment plants and 250 sewage lagoons) in Estonia. Many small plants are out of order or need repairs. The changing proprietary rights have left some plants without owners and the system of technical service does not work.

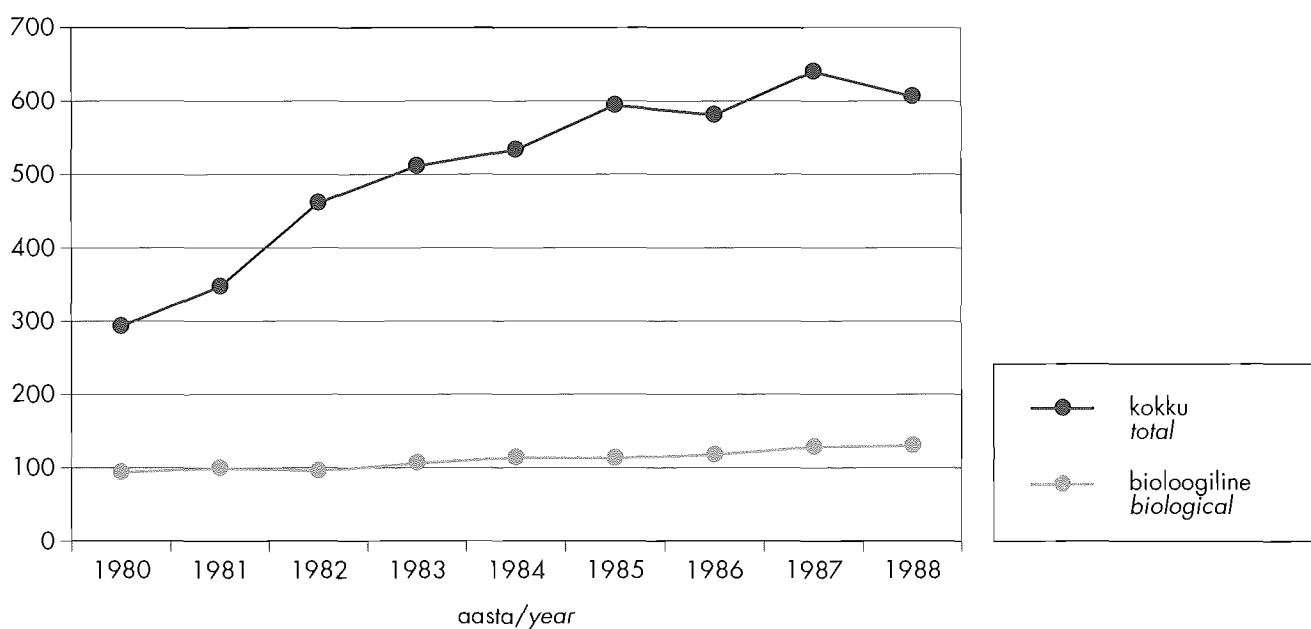
*Table 1.4* shows design data of the hydraulic and pollution load of major biological waste water treatment plants.

biopuhastite arv  
number of biological waste water treatment plants



**Joonis 1.6** Biopuhastite arv  
**Figure 1.6** Number of biological waste water treatment plants

võimsus milj. m<sup>3</sup>/a<sub>3</sub>  
capacity, million m<sup>3</sup>/y



**Joonis 1.7** Reoveepuhastite võimsus  
**Figure 1.7** Capacity of waste water treatment plants

**Tabel 1.4** Suuremad bioloogilised puhastusseadmed  
**Table 1.4** Major biological waste water treatment plants

Asukoht Location	Projekteeritud Designed		Asukoht Location	Projekteeritud Designed	
	Q m <sup>3</sup> /d	BHT <sub>5</sub> kg/d		Q m <sup>3</sup> /d	BHT <sub>5</sub> kg/d
Narva	70000	15750	Põltsamaa	2200	915
Sillamäe	14000	3000	Paide	5700	2300
Kohtla-Järve	54700	15600	Türi	3000	900
Jõhvi	11900	2260	Rakvere	20000	10000
Ahtme	8000	1820	Tamsalu	2400	975
Pärnu	58000	2000	Kunda	3000	470
Maardu	6100	800	Põlva	5900	2400
Muuga sadam	2000	300	Vändra	1700	350
Saha-Loo	1200	180	Rapla	1100	370
Keila	3100	900	Märjamaa	850	270
Kose	1050	270	Kuressaare	9000	4200
Rummu	2700	570	Elva	1800	540
Aruküla	4800	810	Viljandi I	3400	2090
Loksa	2700	540	Viljandi II	1800	450
Kehra	30500	5300	Võhma	2800	2960
Jõgeva	2200	915	Võru	10700	5150

Peaaegu kõik reoveepuhastusseadmed vajavad rekonstrueerimist ja moderniseerimist. Mitmete puhastite juba alustatud laiendamine ja rekonstrueerimine on peatatud. Väheste linnaliste puhastusseadmete hulka, mille tööga võib rahule jääda, kuuluvad ka viimastel aastatel 1990–1991 käikuantud seadmed Rakveres, Kuressaares, Viljandis ja Pärnus. Eesti suurim ehitamisel olev keskkonnakaitseline rajatis on Tallinna Heitveepuhastusjaam. Ehituse I järjekord (mehhaaniline puhastus võimsusega 250 tuhat m<sup>3</sup>/ööp) anti käiku 1981. aasta alguses, II järjekord (keemilis-mehhaaniline puhastus võimsusega 370 tuhat m<sup>3</sup>/ööp) evitati 1984. aasta alguses. 1986. aastast alates on ehitatud bioloogilise puhastuse osa, mille esimene ehitusjärg anti käiku 1993. aastal.

**Veekogude seisundi parandamiseks** ja reoainete Läänemere juhtimise vähendamiseks on vaja:

- Ehitada (või lõpetada pooleliolev ehitus) puhastusseadmed 14 linnale: Tartu, Türi, Valga, Otepää, Tõrva, Haapsalu, Lihula, Antsla, Mustvee, Tapa, Paldiski, Aegviidu, Viljandi, Mõisaküla.
- Rekonstrueerida ja laiendada 40 linna või alevi puhastusseadet: Tallinn, Narva, Kohtla-Järve, Põlva, Kärkla, Paide, Rapla, Võru, Jõgeva jt.
- Ehitada või rekonstrueerida ca 500 lokaalset puhastit tööstus-reovee eelpuhastuseks enne asula kanalisatsiooni juhtimist jne.

Eestis senini kasutatud tüüpsed bioloogilised väike-

Most waste water treatment plants need reconstruction and modernizing. The enlarging and modernizing of many treatment plants has been halted. The few municipal waste water treatment plants which operate normally, include the plants in Rakvere, in Kuressaare, in Viljandi and in Pärnu, completed between 1990 and 1991.

The most important environmental project being carried out in Estonia is the construction of Tallinn waste water treatment plant. The first stage of the construction (mechanical treatment with a capacity of 250,000 m<sup>3</sup>/day) was completed at the beginning of 1981. The second stage (chemical and mechanical treatment with a capacity of 370,000 m<sup>3</sup>/day) was executed at the beginning of 1984. Since 1986, the biological treatment block has been built, the first stage of which was completed in 1993.

**To improve the state of water bodies** and to decrease the discharge of pollutants into the Baltic Sea, it is necessary to:

- build or complete treatment facilities in 14 towns (Tartu, Türi, Valga, Otepää, Tõrva, Haapsalu, Lihula, Antsla, Mustvee, Tapa, Paldiski, Aegviidu, Viljandi, Mõisaküla);
- reconstruct and enlarge treatment facilities in 40 towns (Tallinn, Narva, Kohtla-Järve, Põlva, Kärkla, Paide, Rapla, Võru, Jõgeva and others);
- build or reconstruct approximately 500 local treat-

puhastid (BIO, OXYD, MRP, PRP, ringkanalid jne) vajavad kaasajastamist. Aktiivmudamenetluse kõrval tuleks kasutusele võtta tunduvalt väiksema energiakuluga biofiltrid, biorootorid jt. lahendused, evitada fosforiärastus ka väikepuhastites.

Nimetatu realiseerimiseks tuleb ehitada 300 bioloogilist (või bioloogilis-keemilist) väikepuhastit maaasulates. Rekonstrueerida 500 olemasolevat bioloogilist väikepuhastit.

### 1.2.2 Toitainete koormusbilanss pinnavees

Koostas E. Loigu

Viimastel aastakümnetel on Eesti veekeskkonna seisund pidevalt halvenenud. Osaliselt on seda põhjustanud suurenenud väetiste kasutamine põllunduses ning loomakasvatuse koondumine suurfarmidesse. 90-tel aastatel seoses maareformiga on tootmine oluliselt vähenenud ja sellest tingituna on veekogude kvaliteet mõnevõrra paranenud. Toitainete bilansis on kasutatud tootmise langusele eelneva perioodi andmeid.

Eestis on ligikaudu 1 miljon ha põllumaad, mis on umbes 22 % kogu territooriumist. 53 % haritavast maast on kuivendatud.

**Maaparandus.** Kuivendamine mõjutab otseselt mulla struktuuri ning selle kaudu vee ja õhu liikumist pinnases. Maaparanduse tagajärjel on vooluhulga aastaajalised erinevused suurenenud. Kevadine suurvesi on tavaliselt suurem, kuid lühiajalisem kui varasematel perioodidel. Pindmine äravool suureneb ning põhjaveeline äravool väheneb, sest lumesulamisvesi valgub kiiresti kuivenduskraavidesse ja ei jõua põhjaveeni /1/.

Intensiivne kuivendamine on soodustanud toitainete äravoolu valgaladelt - maaparanduse tagajärjel tekivad pinnases soodsad tingimused õhu- ja veevahetuseks, kiirenes aineriingluse produktide mullast väljajuhutamine.

**Kunstväetiste kasutamine.** Aastatel 1960–1988 on märkimisväärselt suurenenud kunstväetiste kasutamine. Suurim oli mineraalväetiste kasutamine aastatel 1986–88, mil 1 ha põllumaad kohta kulutati keskmiselt 210 kg kunstväetisi (*joonis 1.8*). 1988–1992 vähenes kunstväetiste kasutamine.

Mineraalväetiste müügi andmetel kasutati lämmastiku 1987. a. 120 kg/ha.

ment facilities in order to pretreat industrial wastewater before leading it into municipal sewerage.

These types of small biological plants which have been used until now (BIO, OXYD, MRP, PRP, oxidation channels) need to be modernized. Apart from the activated sludge process, other methods consuming less energy, such as trickling filters and biorotors, should be used. It is also necessary to eliminate phosphorus even in small treatment plants. This requires building 300 biological or biological and chemical small plants in rural areas.

### 1.2.2 Nutrient balance in surface water

By E. Loigu

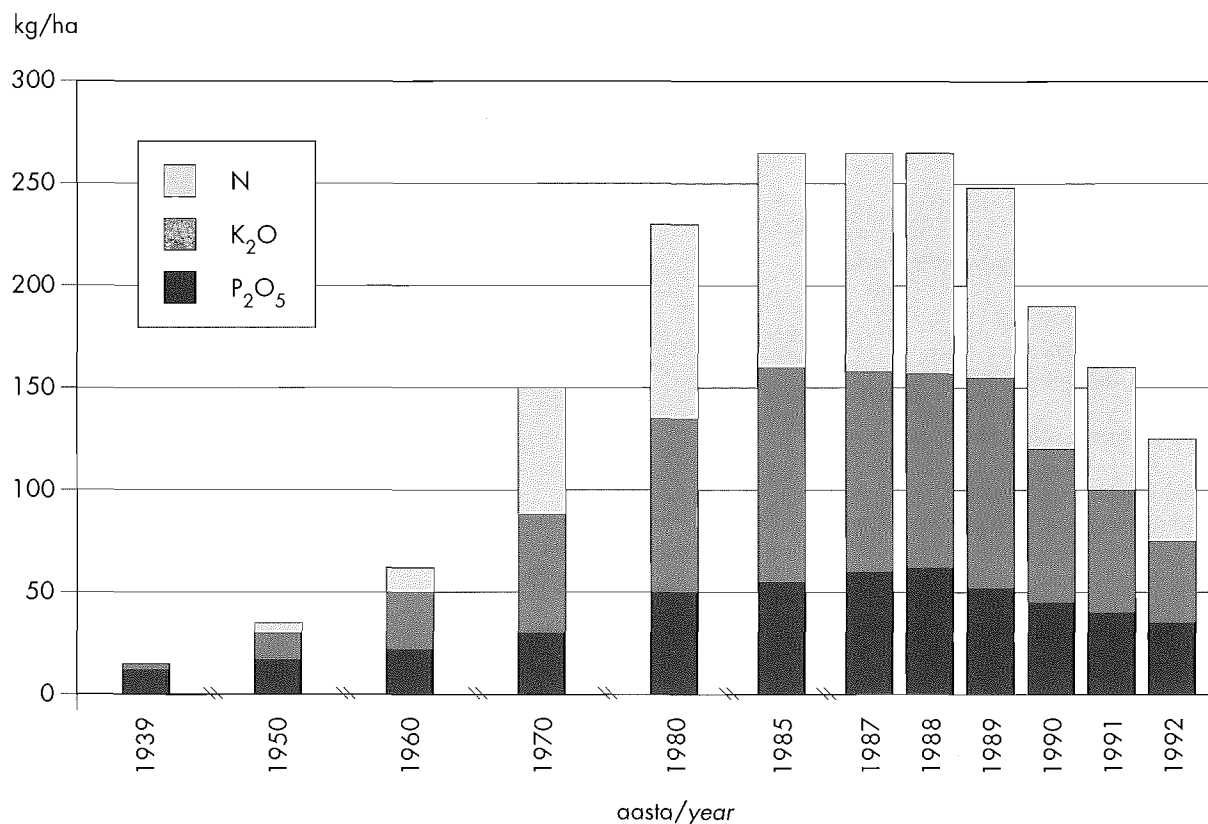
The state of the aquatic environment of Estonia has continuously deteriorated during the last decades. This has been partly caused by the increased use of fertilizers in agriculture and the concentration of livestock breeding into huge farms. Due to the land reform of the 1990s, production has decreased substantially and, consequently, the state of water bodies has improved. The nutrient balance is based on the data from the period preceding the recession.

There are approximately 1 million hectares of arable land in Estonia (i.e. 22 % of the territory of the Republic). 53 % of the cultivated land is drained.

**Melioration.** Drainage has a direct effect on soil structure and, consequently, to the movement of water and air in the soil. Due to melioration, the seasonal inequalities of the flow rates have increased. The spring floods are usually more extensive and shorter than in earlier periods. Surface runoff is increasing and ground water runoff decreasing because melting snow flows into drainage ditches and does not reach ground water /1/.

Intensive drainage has caused runoff of nutrients from catchment areas: melioration has favoured aeration and water regime in soil and accelerated the washout of substance turnover products.

**Use of mineral fertilizers.** Between 1960 and 1988, the use of mineral fertilizers increased substantially, reaching its peak in the years 1986 to 1988, when 210 kg of mineral fertilizers were used per 1 hectare of arable land (*figure 1.8*). According to mineral fertilizers purchase data, the use of nitrogen amounted to 120 kg/ha in 1987. Between 1988 and 1992, the use of mineral fertilizers decreased.



**Joonis 1.8** Kunstväetiste kasutamine 1939–1992

**Figure 1.8** Consumption of commercial fertilizers between 1939 and 1992

**Loomakasvatus.** Pinna- ja põhjavee kvaliteedi kujunemisel on oluline osa loomakasvatusel. Reostust põhjustab halb sõnniku käsitlemine, säilitamine ning väetisena kasutamine, eriti suurtes farmides [2]. Ohtliku reostuse allikad on suured sigalad, kus loomade väljaheited muudetakse vedelsõnnikuks. Paljudes piirkondades on jõgede, järvede ja kaevude vesi lämmastikust reostunud.

**Toitainete bilanss.** Vaatamata suurte väetisekoguste tarvitamisele on saagikus mittetõhusa põllumajandusliku tegevuse tõttu madal ning taimede poolt omastatakse suhteliselt vähe toitaineid. Väetamine fosforiühenditega (27 kg/ha kunst- ja 8 kg/ha orgaanilisi väetisi) ületab selgelt aastase fosfori omastamise taimede poolt (10 kg/ha). Fosfori ja lämmastiku bilanss on näidatud tabelis 1.5. Suurem osa väetistes olevast fosforist akumuliseeritakse künnikihti. Keskmiselt 25 kg/ha kohta jääb igal aastal seotuks mullaosakestega. Järelikult võib erosiooni korral palju fosforit sattuda pinnavette.

**Livestock breeding** has an essential part in forming the quality of surface and ground water. Problems with handling, storing and spreading of manure, especially in large farms [2], caused pollution. Large piggeries constitute sources of hazardous pollution, because pig excrements are turned into liquid manure. The water of rivers, lakes and wells is polluted with nitrogen in many regions.

**Nutrient balance.** Despite the huge amounts of fertilizers used, yields remain low because of inadequate agricultural methods relatively small amounts of nutrients are acquired by plants. The present phosphorus fertilization rate (27 kg of mineral and 8 kg of organic fertilizers per hectare) clearly exceeds the annual capacity of plants to acquire phosphorus (10 kg/ha). The balance of phosphorus and nitrogen is presented in table 1.5. Most of the phosphorus from the fertilizers accumulates in top soil. On the average 25 kg/ha remains bound to soil particles. Consequently, large amounts of phosphorus can be carried to surface water with erosion.

**Tabel 1.5** Haritava maa lämmastiku ja fosfori bilanss  
**Table 1.5** Nitrogen and phosphorus balance in arable lands

	Lämmastik Nitrogen kg/ha	Fosfor Phosphorus kg/ha
<b>Toitainete lisandumine Nutrients added</b>		
Kunstväetised mineral fertilizers	110	27,0
Loomasõnnik organic fertilizers	62	8,0
Ladestumine õhust deposited from the air	10	0,1
<b>Toitainete ärakanne Nutrients removed</b>		
Toitainete väljauhtumine nutrient wash-off	20	0,5
Taimede poolt omastamine acquired by plants	60	10,0
Lämmastiku lendumine ja denitrifikatsioon nitrogen volatilization and denitrification	70	
Akumuleerumine mulda accumulation in soil	32	24,6

Lämmastikuühendid pärinevad atmosfäärist (10 kg/ha aastas), kunstväetisest (110 kg/ha aastas) ja orgaanilisest väetisest (62 kg/ha aastas). Ülejäänud lämmastik akumuleerub pinnases või kaob keskkonda (lämmastikühendite lahustumine, denitrifikatsioon ja ammoniaagi lendumine).

Lämmastik on pinnases väga liikuv – arvutuste põhjal leostub veekogudesse umbes 20 kg/ha aastas. Analoogselt fosforiga on lämmastiku bilanss positiivne, mis tähendab, et aastas akumuleerub pinnasesse umbes 32 kg N/ha. Kuna Eestis on palju kultuurrohumaid, siis võib oletada, et lämmastik seotakse rohukamara all olevas huumuses. Hinnangud denitrifikatsiooni kohta pole täpsed ning see võib mõjutada lämmastiku koguste arvestamisel saadud tulemuste usaldusväärsust.

Kõrge lämmastikuisaldus mullas ja pidev toitaine lisamine loob soodsad tingimused toitainete levikuks veekeskkonda.

**Toitainete äravool.** Pinnavette jõudnud lämmastikust 76 % ja fosforist 47 % pärineb põllumajandusest. Lämmastik jõuab sisevetesse peamiselt kultiveeritud aladelt ja fosfor valdavalt heitveest (joonis 1.9).

Toitainete leostumine erinevatelt põllumaadelt erineb märgatavalt, sõltudes väetisest, väetamise tehnoloogiast, mulla tüübist, veerežiimist jms.

Uuringud näitasid, et metsaaladelt kantakse veekogudesse fosforit aastas 0,027 kuni 0,11 kg/ha. Fosfori ärakanne kuivendatavatelt põllumajanduslikelt valgaladelt on tavaliselt 0,22 kuni 0,55 kg/ha /1/, /3/.

Nitrogen input comes from the atmosphere (10 kg/ha annually), from mineral fertilizers (110 kg/ha) and from organic fertilizers. The remainder of the nitrogen either accumulates in the soil or is dispersed in the environment (solution of nitrogen compounds, denitrification and volatilization of ammonia).

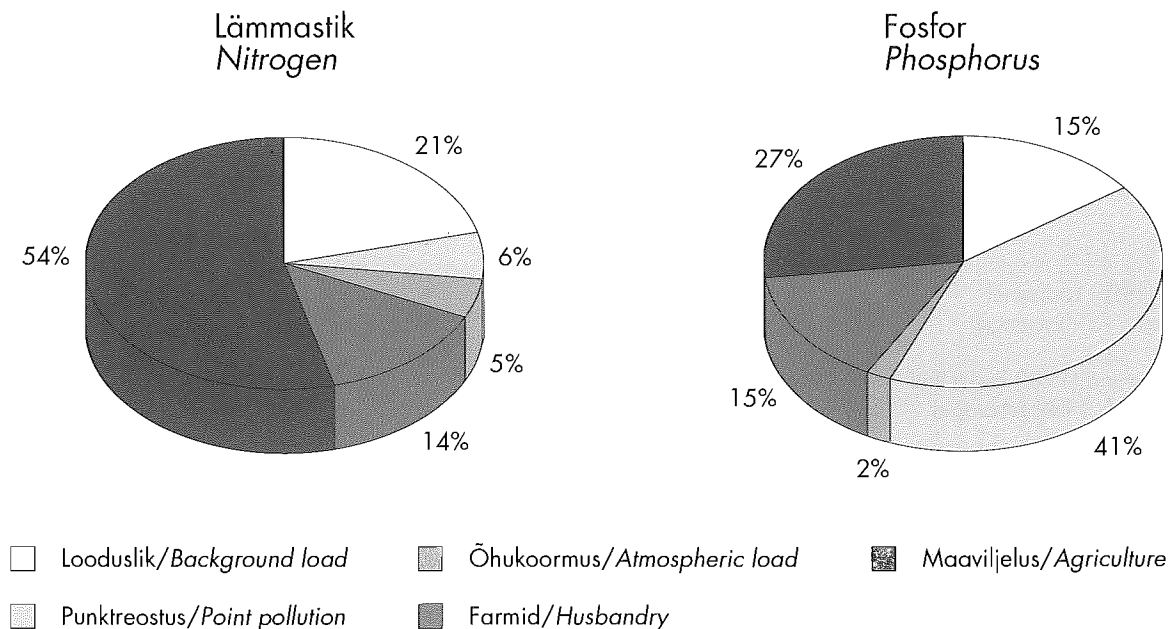
Once nitrogen has reached soil, it remains extremely mobile: according to calculations, approximately 20 kg/ha of nitrogen elutriates into water bodies in a year. As the phosphorus balance, also the nitrogen balance is positive, i.e. approx. 32 kg N/ha accumulates in the soil annually. As much of Estonia's territory is covered by grasslands, nitrogen probably accumulates under the grasslands as humus. However, the estimations of denitrification are not exact and this fact may influence the reliability of the calculated nitrogen amounts.

The high nutrient content in the soil and permanent addition of nutrients establishes favourable conditions for leakage of nutrients into the aquatic environment.

**Nutrient runoff.** 76 % of the nitrogen (29,000 tons) and 47 % of the phosphorus (470 tons) reaches surface waters from agriculture and husbandry. Nitrogen reaches inland waters mainly from cultivated areas and phosphorus mainly with waste water (figure 1.9).

Leaching of nutrients from arable land varies, depending on the fertilization level and practice, type of soil, hydrological regime, etc.

Studies have shown that phosphorus leaching from forested areas in Estonia is in the range of 0.027–0.11 kg/ha per year. The average yearly leakage of phos-



**Joonis 1.9** Toitainete koormusbilanss  
**Figure 1.9** Nutrient balance

Kasutatavast fosforväetisest ei uhuta pinnavette reeglina rohkem kui 1 %. Fosfori äravool põldudel võib olla suur vaid erosiooni korral. Kuna fosfor soodustab veekogude toitelisuse kasvu, võib ka väike fosfori kadu tekitada kahju jõgedes ja järvedes.

Suuremaid probleeme põhjustab lämmastiku leostumine. Aastas uhutakse lämmastikku väikestelt looduslikelt valgaladelt 1,1 kuni 4,9 kgN/ha. Maaharimine mõjutab lämmastiku kadu oluliselt. Uuringute andmetel on keskmine lämmastiku äravool korrelatsioonis valgalal asuvate kuivendatud põllumaade pindalaga. Põllumajanduslikelt valgaladelt oli keskmine väetiste äraanne 10 kuni 32 kg/ha. Lämmastiku kadu on täheldatud kuni 70 kg/ha juhul, kui väetisi on laotatud lumele, külmunud maapinnale või vahetult enne suuri sademeid.

Lumesulamisperioodil on nitraatlämmastiku tase põllumaid kuivendavates väikejõgedes väga kõrge (kuni 15–20 mg N/l). Aastane keskmine nitraadihulk põllumaadel asuvate väikejõgede vees on palju kõrgem kui metsamaadel (tabel 1.6).

phorus from drained agricultural catchment areas is normally within the range of 0.22–0.55 kg/ha /1/, /3/ in Estonia. As a rule, no more than 1 % of the phosphorus fertilizers applied is leached into surface waters. Phosphorus runoff from the fields may be considerable only in the case of erosion.

As phosphorus favours the nutrient growth of water bodies, losses of phosphorus may cause problems, even if they are small.

The greatest problems are caused by leaches of nitrogen. Nitrogen wash-off from small natural catchment areas is in the range of 1.1–4.9 kg N/ha per year. Nitrogen losses are significantly affected by cultivation. Studies show that the average runoff is strongly correlated with the proportion of cultivated lands in the drainage area. Small streams draining agricultural areas carry off approximately 10–32 kg of fertilizers per hectare. Nitrogen losses amount to 70 kg/hectare in case the fertilizers are spread on snow, frozen ground or before abundant precipitation.

During the periods when snow is melting, the level of nitrate nitrogen in small rivers draining agricultural catchment areas becomes very high (up to 15–20 mg N/l) (table 1.6).

**Tabel 1.6** Maakasutuse ja toitainete seos väikejõgedes ja ojades  
**Table 1.6** Land use and distribution of nutrients in small rivers and streams

Maakasutus Land use	Aasta keskmine nitraatide kontsentratsioon Annual mean nitrate concentration, mg N/l	Nitraatlämmastiku aastane ärakanne Nitrate nitrogen runoff, kg N/ha per year
Loodusmaa (1989 keskmine) Natural lands 1989 (average)	1,1	1,8
Põllumajandusmaa (1989 keskmine) Agricultural lands 1989 (average)	6,7	26

Viimaste aastate jooksul on põllumajanduslik tegevus Eestis tunduvalt muutunud. Kunstväetiste kasutamine on nende kõrge hinna tõttu viimase 3–4 aasta jooksul märkimisväärselt vähenenud. Mõningal määral on paranenud sõnniku kasutamine. Koos kunstväetiste kasutamise vähenemisega on viimastel aastatel märgata väetisainete äravoolu vähenemist.

### 1.2.3 Reostuskoormus Läänemerre

Koostas A. Lääne

Ülevaade Eestist merre juhitava reostuse kohta on koostatud TTÜ uurimistöö /4/ ja Helsingi komisjoni raporti nr 45 /5/ põhjal. Nimetatud uurimusega koostati ühtlasi Helsingi komisjonile esitatud Eesti osapoole merereostuse koormuseandmed.

Vastavalt HELCOMi reglemendile pidi Eesti esitama reostuskoormuse järgmiste alaregioonide lõikes: Soome laht, Läänemere avaosa, Liivi laht koos Väinameriga. Kuna Läänemere avaosas (Saaremaa ja Hiiumaa läänerannik) meil nimetamisväärsed punktreostusallikaid ja jõgesid ei ole, esitati koormusandmed Soome lahe ja Liivi lahe regioonide lõikes.

Läänemerre kantav reostus summeerub jõgedest, linnadest ja tööstusettevõtetest (tabel 1.7).

**Jõgede kaudu Läänemerre kantav reostus.** Soome lahte suubuvate jõgede valgala on 26 400 km<sup>2</sup>, millest äravoolu kontrollitakse 21 545 km<sup>2</sup> (81,6 %). Hüdrokeemilised vaatluspostid on 13 jõel ja kontrollitav valgala on ca 85 %.

Liivi lahte suubuvatel jõgedel tehakse hüdroloogilisi vaatlusi viiel jõel. Kogu valgala 17 600 km<sup>2</sup> on

In recent years, Estonian agriculture has undergone several changes. As the prices of mineral fertilizers have increased, their use has decreased remarkably during the past 3 or 4 years. Manure is used more effectively. Due to the decreased use of mineral fertilizers, a significant fall in nutrient runoff can be observed.

### 1.2.3 Pollution load into the Baltic Sea

By A. Lääne

The survey about the pollution load into the Baltic Sea from Estonia has been based on a research by Tallinn Technical University /4/, and on the report of the Helsinki Commission /5/. The aforementioned research work was carried out to present data about Estonian marine pollution loads to the Helsinki Commission.

In conformity with the HELCOM regulations, Estonia had to present data about pollution loads according to the following sub-regions: the Gulf of Finland, Baltic Proper, the Gulf of Riga together with Väinameri. As there are few point sources and rivers in the Estonian part of the Baltic Proper, i.e. on the western coast of Saaremaa and Hiiumaa, pollution load data was presented according to the regions of the Gulf of Finland and the Gulf of Riga together with Väinameri.

Pollution into the Baltic Sea is a sum of the pollutions carried there by rivers or discharged straight by settlements and industries (table 1.7).

**Pollution load entering the Baltic Sea via rivers.** The drainage area of the Gulf of Finland in Estonia covers



mõõdetud äravooluga 7990 km<sup>2</sup> (44,3 %).

Hüdrokeemilisi vaatlusi teostatakse Pärnu ja Kasari jõel.

Monitooringu puudulikkuse tõttu pole andmebaas täielik.

Nimetatud arvestades on jõgede reostuskoormused arvutatud aastakeskmise vooluhulga ja keskmise reoaine kontsentratsiooni korrutisena.

Riiklik seire sisaldab üksnes lämmastiku ja fosfori mineraalse osa mõõtmise. Andmed üldlämmastiku ja -fosfori kohta on arvutuslikud, saadud suhtarvu abil ja seetõttu ka vähem usaldusväärsed.

**Linnade heitveega Läänemerre juhitud reostus.** Linnu, mille reostus ei kajastu jõgede reostuskoormuses, on 11: Soome lahe vesikonnas 7 ja Liivi lahe vesikonnas 4.

**Tööstusettevõtetest Läänemerre juhitud reostus.** 1990. aastal oli linnadest eraldiseisvaid, oma heitvee väljalasuga ettevõtteid reostuskoormusega üle 10 tuhande inimekvivalendi (IE) 8, millest ühe, RAS Silmeti kohta puudusid usaldusväärsed andmed. Kuna Silmeti jäätmehooldlast filtreeruv reostus võib paljukordselt ületada kõikide ülejäänud objektide reostusmahu, tuleb esitatud näitajaid võtta kui esialgseid. Täpsustatud andmete saamisel (peale vastavaid uuringuid Sillamäel) võib üldlämmastiku bilanss Soome lahele oluliselt muutuda.

Läänemerre kantud reoainete kogused regioonide lõikes ja summaarselt on esitatud *tabelis 1.7*.

26,400 km<sup>2</sup>. Runoff is checked on 21,545 km<sup>2</sup> or 81.6 % of the catchment area. There are hydrochemical monitoring stations on 13 rivers or 85 % of the catchment area.

Among the rivers which flow into the Gulf of Riga, 5 are monitored hydrologically. Runoff is measured on 7,990 km<sup>2</sup> or 44.3 % of the catchment area (17,600 km<sup>2</sup>).

The Pärnu and the Kasari rivers are hydrochemically monitored.

Because of inadequate monitoring, the data base is not complete. Considering this fact, the pollution loads of rivers have been calculated by multiplying mean annual flow rates with mean pollutant concentration.

The State monitors only mineral nitrogen and phosphorus. Data about total nitrogen and total phosphorus are calculated by means of indexes and are therefore not very reliable.

#### **Pollution load into the Baltic Sea from urban areas.**

The pollution of 11 towns is not reflected in the data concerning the pollution load via rivers. 7 of these towns are in the catchment area of the Gulf of Finland and 4 in the catchment area of the Gulf of Riga.

#### **Pollution load into the Baltic Sea from industries.**

In 1990, there were 8 industrial enterprises in Estonia which were independent from cities (having their own waste water outlets) and had a pollution load exceeding 10,000 population equivalents. About one of these enterprises, State enterprise SILMET, no reliable information was received. As pollution which is filtrated from the waste store of SILMET may exceed many times the pollution volumes of all other enterprises, the presented data can be regarded only as preliminary. After receiving exact data, i.e. after the corresponding research in Sillamäe, the balance of total nitrogen in the Gulf of Finland may change substantially.

The volumes of pollutants led into the Baltic Sea according to regions and as a whole have been presented in *table 1.7*.

**Tabel 1.7** Eestist 1990. aastal Läänemerre kantud reostus, t/a  
**Table 1.7** Pollution into the Baltic Sea from Estonia in 1990, t/year

	BHT <sub>7</sub> BOD <sub>7</sub>	Nüld N <sub>tot</sub>	Püld P <sub>tot</sub>
<b>Jõesed Rivers</b>			
Soome laht Gulf of Finland	41 750	42 460	1 718
Liivi laht Gulf of Riga	6 370	11 730	489
Kokku Sum	48 120	54 190	2 207
<b>Linnad Towns</b>			
Soome laht Gulf of Finland	16 050	4 660	486
Liivi laht Gulf of Riga	1 950	200	42
Kokku Sum	18 000	4 860	528
<b>Tööstus Industries</b>			
Soome laht Gulf of Finland	280	70	4
Liivi laht Gulf of Riga	700	60	14
Kokku Sum	980	130	18
<b>Kõik kokku Total</b>	<b>67 100</b>	<b>59 180</b>	<b>2 753</b>

Märkus: Nüld ja Püld on arvutuslikud

Note: Total N and total P are not measured directly. Loads are calculated from measured N and P compounds.

## 1.3 Veekvaliteet

### 1.3.1 Arvutuslik veekvaliteet

Koostas H. Pachel

Jõgede veekvaliteedi hindamisel on kaks võimalust - veeanalüüsidele tuginev eksperimentaalne ja arvutusmudeli kasutamisele tuginev arvutuslik meetod. Mõlemal hindamismeetodil on oma positiivsed ja negatiivsed küljed. Reostusolukorrast tervikliku pildi annab mõlema meetodi oskuslik rakendamine.

Veeanalüüsidele tuginev hindamismeetod on enam levinud. Arvutuslik veekvaliteedi hindamine on paljudes maades kas läbikäidud etapiks või on puudunud eeldused tema kasutamiseks. Eestis on arvutusliku veekvaliteedi hindamismeetodi kasutamist soodustanud meie jõgede geograafilisest asendist tingitud omapära, reostusspetsiifika ja reovee puhastamise üldine tase. Tähtsusetu ei ole ka tema korrelatsioon eksperimentaalse meetodiga, olles viimasest tunduvalt väiksema töömahukusega ja seega odavam.

Arvutuslik jõgede veekvaliteedi hindamine on suhteliselt hõlbus ja tulemus tõepärane punktreostusalli-

## 1.3 Water quality

### 1.3.1 Calculated water quality

By H. Pachel

There are two possible ways of estimating water quality: the experimental method which is based on sampling and the assessment method which uses models. Both of these methods have their positive and negative sides. To get a comprehensive picture about pollution, it is necessary to apply both methods.

The method based on sampling is widely spread. In many countries, the assessment method of water quality has been either forgotten long ago or there have been no prerequisites for using it. In Estonia, the specific geographic characteristics of the rivers, the specific pollution and the general level of waste water treatment have favoured using the assessment method which is based on calculating the quality of water in the rivers. It is at least as significant, that the assessment method correlates well with the experimental method but its volume of work is much smaller and, thus, cheaper.

Estimating the water quality on the basis of assess-

kate mõnede reostusingredientide (orgaaniline reoaine, nafta, fenool jt.) hindamisel, eriti kui eesvoolu juhitav heitvesi on eelnevalt puhastis keskendunud, tagatud on ühtlane väljalask ja jääkreostuse suhteliselt kiire ja täielik segunemine kogu eesvooluga. Kasutatava arvutusmudeli puuduseks on tema sobimatus hajuja bakteriaalse reostuse hindamisel, samuti ka jõvee üldfosfori (P) ja üldlämmastiku (N) sisalduse hindamisel, kus tulemuslikum on eksperimentaalne hindamismeetod.

Meie jõgede omapärast tuleneb seegi, et heitvee täieliku segunemise lävend asub tavaliselt 0,1–0,2 (0,5) km allpool heitvee sisselasku, eesvoolus ei esine nn. “jõgi-jões” olukorda. Nimetatu lihtsustab tunduvalt arvutusmodelit.

Eesti veekogud on reostunud põhiliselt elukondlikust, toiduaine- ja kergetööstuse heitveest, Põhja-Eestis lisaks nimetatule veel põlevkivi-keemia ja kuni viimase ajani ka tselluloositööstuse heitveest. Kuna valdav on elukondlik ja toiduainetööstuse heitvesi, siis üldjuhul meie eesvoolude limiteerivaks kvaliteedinäitajaks on orgaaniline reoaine, mida mõõdetakse biokeemilise hapnikutarbega (BHT). Tööstuspiirkonnades võib limiteerivaks reoaineks osutuda ka nafta, fenool või hõljum.

Kui Skandinaavia ja enamuses Kesk-Euroopa maa-  
des on reovee puhastamine sellisel tasemel, et or-  
gaaniline reoaine ei ole enam eesvoolu veekvaliteeti  
limiteerivaks reoaineks ja edukalt lahendatakse P ja N  
eraldamist reoveest, siis meil jätkub tööd puhastuse  
tõhustamisel orgaanilise reoaine osas. P ja N ärastami-  
suga on üksnes algust tehtud. Olgu siinjuures võrdlu-  
seks öeldud, et käesoleva aja reovee puhastamise tase  
Eestis nii puhastusmeetodite kui ka tõhususe osas on  
võrreldav tasemega Soomes aastal 1970.

Seni kasutusel olev vooluvee sanitaarseisundi hindamise arvutuslik meetod eeldab punktreostusallikate poolt eesvoolu juhitava reoaine hulga ja asukoha teadmist ühelt poolt ja eesvoolu hüdromeetriteliste lähteandmete omamist koos sobiva arvutusmeetodi olemasoluga teiselt poolt. Arvestades Eesti jõgede omapära ja reostusspetsiifikat (veekvaliteeti limiteerivaks on üldjuhul orgaaniline reoaine), on insenerlikeks arvutusteks küllaldase täpsusega H. Velneri, A. Aitsami ja L. Paali poolt 1965. a. avaldatud arvutusmetoodika /6/, mille kohaselt orgaanilise reoaine muundumine toimub lahjenemise ja biokeemilise hapendumuse tulemusena eesvoolus.

## Eestis on veekvaliteedi arvutuslik hindamismeetod

ment method is relatively easy and the results are reliable in regard of some pollution ingredients from point sources, such as organic pollutants, oil and phenol. This is especially true if the waste water led to recipients has been previously concentrated in the treatment facilities, if there is an unvarying outlet of waste water and if the residual pollution mixes rapidly and completely with the recipient water. The drawback of this method is its inadequacy for evaluating non-point and bacterial pollution. The experimental method is also more adequate concerning total phosphorus and total nitrogen in rivers.

One of the characteristic features of Estonian rivers is that mixing of the waste water is completed generally 0.1–0.2 (0.5) km lower than the inlet. There is no so called “river in river” in the recipient and this facilitates the imitation model.

Estonian water bodies are mostly polluted by waste water from domestic sewerage, food industry and light industry, in North Estonia also by waste water from the oil-shale chemical industry and, until recently, from the pulp and paper industry. As the domestic and food industry waste water are predominant, the limiting quality indicator of the recipient (limiting pollutant) is generally the concentration of organic pollutant which is measured by biochemical oxygen demand (BOD). In the industrial regions, the limiting pollutant can also be oil, phenol or suspended solids.

In Scandinavia and in most Central-European countries, waste water treatment is on a high level: organic pollutants do not constitute a limiting factor of the recipient water quality, P and N are successfully separated. In Estonia much work has still to be done with respect to better organic pollutant treatment. It is interesting to note that the present treatment level in Estonia is comparable with that of Finland in the 1970s, with regard to both treatment methods and efficiency.

The present method of evaluating the sanitary state of running waters presupposes knowledge of the amounts of pollutants led into recipient from point sources as well as of the location of the sources, on the one hand, and presence of hydrometric data about the recipient together with an adequate calculating method, on the other hand. Considering the nature of Estonian rivers and the character of their pollution (organic pollutants limit water quality), the calculating methodology published in 1965 by H. Velner, A. Ait-sam and L. Paal is precise enough for engineering. This methodology /6/ supposes that organic pollutants are

eksperimentaalse meetodi kõrval kasutamist leidnud kuuekümnendate aastate teisest poolest. A. Saava ja A. Loopmanni poolt neil aastatel koostatud punktreostusallikate asukohaskeemid ja reostuskoormuse hinnangud leidsid praktilise väljundi nende poolt koostatud jõgede arvutuslike reostuskaartide (BHT<sub>3</sub>) näol. Täpsustusi lähteandmetes ja perioodi reostuskoormuse taset arvestavad on 1979 ja 1985 aastal /7/, /8/ koostatud arvutuslikud Eesti jõgede reostuskaardid. Käesolevas ülevaates esitatud reostuskaarti (*joonis 1.10, vt. tahvel*) võib lugeda eksperthinnanguliselt korrigeeritud reostuskaardiks aastast 1985, kusjuures aastatel 1990–1992 on maakonniti korrigeeritud veekvaliteedi arvutusi Põhja- ja Kesk-Eesti jõgede osas. Sama aja reostuskoormuse taset arvestav on ka hinnanguline korrektiiv Lääne- ja Lõuna-Eesti jõgede osas. Arvestatud on viimastel aastatel rajatud suuremate reoveepuhastite osa veekvaliteedi kujundamisel, samuti reostuskoormuse alanemist põllumajandusliku suurtootmise vähenemisest ja hajutamisest, mis on eriti märgatav reostusele tundlikul, tagasihoidliku loodusliku äravooluga ülemjooksualadel. Reostuskaardil on esitatud suvise madalveeaegse orgaanilise reoaine arvutusliku kontsentratsiooni muutus piki jõge. Ei saa siinjuures täheldamata jätta korrelatsiooni orgaanilise reoaine ja toitainetesalduse vahel. Kõrge BHT-ga jõelõikudel on reeglina ka kõrge P ja N kontsentratsioon. Reostuskaardil on jõevee kvaliteet kujutatud neljaastmelisena: puhas, nõrgalt reostunud, reostunud ja tugevalt reostunud.

Reostunud ja tugevalt reostunud jõelõikude osakaal kogu vaadeldud vooluvee kogupikkusest on vastavalt 13 ja 1 %. Puhta ja nõrgalt reostunud lõikude osakaal on vastavalt 70 ja 16 %.

Jõevee kvaliteedi määravad suured kontsentreeritud reostusallikad - linnad, tööstusettevõtted. Reostunud jõelõigud on reeglina allpool linnasid, millel puudub või on halvasti töötav puhasti. Tagasihoidliku, sageli nullilähedase vooluhulgaga jõgede ülemjooksualad on ka hea puhastuse korral tähistatud tinglikult reostatuna.

decomposed as a result of dilution and chemical oxidation in the recipient.

The calculated water quality assessment method has been used in Estonia since the second half of the 1960s, together with the experimental method. The point source location schemes and pollution load evaluations compiled by A. Saava and A. Loopmann in the 1960s, found a practical output in the form of calculated pollution maps (BOD<sub>3</sub>). The calculated pollution maps of Estonian rivers, compiled in 1979 and in 1985 /7/, /8/ take into consideration more exact input data and the pollution loads of the period. The pollution map, presented in this survey (*figure 1.10, see Annex*), is the map from 1985 which has been corrected by experts. Water quality calculations in regard of rivers of North and Central Estonia have been updated between 1990 and 1992 in the corresponding counties. The estimated correction concerning the rivers of West and South Estonia considers the pollution load update for the same period. The impact of major waste water treatment plants, constructed in recent years, on forming the water quality has been considered, as well as the decrease in pollution load due to the fall and scattering of concentrated agricultural production. This reduction of pollution load is especially perceivable in the areas of upper reaches which have moderate natural runoff and are therefore sensitive to pollution. The pollution map represents the variation of calculated organic pollution concentration along rivers during summer low water period. The correlation between organic pollutant and nutrient contents becomes apparent: in the sections where BOD is high, also the concentrations of P and N are high. The quality of river water is shown as a four step scale in the map: clean, slightly polluted, polluted and very polluted.

The share of polluted and very polluted sections of rivers was 13 and 1 % of the total length of the monitored running water, respectively. The share of clean and slightly polluted sections was 70 and 16 %, respectively.

The quality of running water is determined by large, concentrated sources of pollution, i.e. settlements and industries. Polluted sections of river are, as a rule, situated below cities which lack treatment facilities or the facilities are out of order. The upper reaches of the rivers which have moderate and very low runoff, have been indicated as conventionally polluted even when the treatment has been adequate.

### 1.3.2 Jõgede veekvaliteedi dünaamika

Koostas E. Loigu

Vees lahustunud ainete sisalduse muutused ajas on koostatud Eesti jõgede kohta, millel on piisavalt pikk vaatlusrida. Viimase 30–40 aasta dünaamika on koostatud 9 lävendile. Ülejäänud jõgede hüdrokeemilise vaatlusrea algus on 1971. või 1976. aasta, seega jälgitavad on viimase 15–20 aasta muutused. Kokku võimaldas statistika jälgida jõevee keemilise koostise dünaamikat 55 lävendil. Viimastel aastakümnetel on täheldatud Eesti jõgede vee kvaliteedis olulisi muutusi. Muutunud on ka enamiku jõgede fooniväärtused.

**Orgaanilised ained.** Kergesti lagunevate orgaaniliste ainete regulaarseid analüüse (BHT) hakati Eestis tegema 1976. aastal. Vaadeldaval perioodil jõevee BHT mõningane alanemine näitab, et jõgede seisund on paranenud. Enam kui pooltel juhtudel on jälgitav statistiliselt usaldusväärne BHT<sub>5</sub> vähenemine (*joonis 1.11, vt. tahvel*).

BHT<sub>5</sub> sisaldus 70-ndate aastate keskmisega võrreldes on vähenenud 1,5–2,5 korda. Eriti märgatav on BHT vähenemine Pühajões, Rannapungerja, Keila, Pärnu, Navesti, Kasari, Purtse jt. jõgedes. Narva jões täheldatakse BHT<sub>5</sub> sisalduse tõusu, mis võib olla tingitud mitteküllaldaselt puhastatud Narva linna reoveest.

Võib väita, et jõgede koormatus orgaaniliste reoainetega on vähenenud. Pooltel uuritud lävenditel statistiliselt usaldusväärset vee BHT sisalduse vähenemist ei täheldatud ja võib oletada, et neis lävendites on heitveega vette sattunud kergesti lagunevate orgaaniliste ainete hulk kasvanud.

KHT (keemilise hapnikutarbe) sisalduse muutused jõgedel on erisuunalised. Näiteks Liivi lahe vesikonna jõgedes ei täheldata KHT sisalduse dünaamikas usaldusväärseid muutusi. Teiste vesikondade jõgedes on mitmekesisus suurem. Keemiline hapnikutarve on viimastel aastakümnetel kasvanud järgmistes lävendites: Võhandu jõgi - Räpina, Väike Emajõgi - Tõlliste, Keila jõgi - Keila, Pudisoo jõgi - Pudisoo. Raskesti lagunevate orgaaniliste ainete sisalduse tõus nimetatud jõgede vees on tingitud heitveest.

**Biogeensed ained.** Eesti vooluvees on viimastel aastakümnetel täheldatud fosfori- ja lämmastikuühendite sisalduse suurenemist /9/. Fosfor ja lämmastik on veekogude eutrofeerumist limiteerivad elemendid,

### 1.3.2 The dynamics of water quality in rivers

By E. Loigu

The variations in time of substances dissolved in water have been compiled about those Estonian rivers which have been monitored for a long time. The dynamics of the past 30–40 years have been compiled for 9 measuring sections. The hydrochemical monitoring of the other rivers began in 1971 or in 1976, i.e. the changes of the past 15 to 20 years can be observed. On a whole, statistics enabled to observe the dynamics of the chemical composition of running water on 55 measuring sections. The past decades have brought along some major changes in the quality of river water in Estonia. The background values of most rivers have changed as well.

**Organic matter.** Regular sampling of highly decomposing organic matter (BOD) began in Estonia in 1976. The fact that the BOD of running water decreased somewhat in the observed period shows that the state of rivers is improving. In more than a half of the cases, a decrease in the values of BOD<sub>5</sub>, which is statistically reliable, can be observed (*figure 1.11, see Annex*).

The BOD<sub>5</sub> has decreased 1.5 to 2.5 times, compared to the 1970s. A drop of BOD is especially noticeable in the Pühajõgi, the Rannapungerja, the Keila, the Pärnu, the Navesti, the Kasari, the Purtse and some other rivers. In the Narva river, the BOD<sub>5</sub> has increased. This may be caused by the insufficient treatment of the waste water of Narva.

It may be stated that the organic pollution load of rivers has decreased. However, in case of half of the studied measuring sections, no fall of the statistically reliable BOD was observed and it may therefore be presumed that in those sections, the amount of easily decomposing organic matter has increased.

Changes in the values of COD (chemical oxygen demand) in rivers have been multidirectional. In the rivers of the catchment area of the Gulf of Riga, for example, no reliable changes in the dynamics of the COD have been observed. In the rivers of other catchment areas, the values of the COD vary more. COD has increased during the past decades in the following measuring sections: the Võhandu - Räpina, the Väike Emajõgi - Tõlliste, the Keila - Keila, the Pudisoo - Pudisoo. The raise in the content of hardly decomposing organic matter in those rivers is caused by waste water.

seetõttu on eriti huvipakkuv nende ainete sisalduse dünaamika. Üldistuste tegemist raskendab üldfosfori ja -lämmastiku pikaajaliste vaatlusandmete puudumine. Riikliku seire lävendites analüüsiti vaid mineraalse lämmastiku- ja fosforiühendite sisaldust. Analüüsitud on fosfaat-, nitrit-, nitraat- ja ammooniumioonide pikaajalist dünaamikat ja sellest tulenevaid seaduspärasusi. Mineraalse fosfori- ja lämmastikuühendite aastasisene varieeruvus on suur. Suvel veetaimestiku intensiivsel kasvuperioodil võib fosfor ja lämmastik olla haaratud aineringsesse ja nende ainete sisaldus võib langeda alla analüütilise määramise täpsuse. Kevadperioodil ja suvi-sügiseste tulvade ajal, mil valgalalt, eeskätt põldudelt, uhitakse rohkesti toitaineid vette, täheldatakse nende kõrgeenenud kontsentratsioone. Uuringud on näidanud /10/, et väikejõgedes toimub intensiivne fosfaatide väljasadestumine.

Usaldusväärsed on ammooniumioonisalduse trendid. Enamuses uuritud lävendites on  $\text{NH}_4^+$  sisaldus vähenenud, mis on ühtlasi kokkulangev BHT<sub>5</sub> sisalduse vähenemisega.  $\text{NH}_4^+$  on vees ebastabiilne, aeroobsetes tingimustes hapendub kiiresti nitrititeks ja nitraatideks. Veekogude eutrofeerumisega on biokeemilised protsessid intensiivistunud, kasvanud on nitrifikatsiooni- ja denitrifikatsiooniprotsesside kiirus.

Nitraatiooni sisalduse statistiliselt usaldusväärne suurendamine on täheldatav igal neljandal uuritud lävendil, enamuses neist asub jõgede ülemjooksualal. Muutunud on lämmastikuühendite määramise meetodid ja raske on väita, et  $\text{NO}_3^-$  muutused peegeldavad reaalseid muutusi jõgedes. Ehkki jõgede toitelisus on kasvanud, ei peegelda seda ortofosfaatide sisalduse dünaamika. Mitmetes jõgedes (Võhandu jõgi- Vagula, Narva jõgi, Pärnu jõgi- Pärnu jt.) on täheldatud fosfaatiooni statistiliselt usaldusväärset vähenemist. Enamike lävendite muutused ei ole statistiliselt usaldusväärsed. Peab aga rõhutada, et mineraalse fosfori ja lämmastiku sisaldus ei peegelda tegelikku toitelisuse taset veekogus.

**Ioonide sisaldus.** Mineraalainete sisalduse dünaamika uurimine näitab, et muutused vee ioonides koostises on toimunud alates 1960-ndate aastate keskpaigast, eriti aga 1970-ndate aastatel, kusjuures on tõusnud kõigi põhiliste ioonide üldsisaldus. Uuringud on näidanud, et võrreldes 60- aastatega on sulfaatioonide sisaldus oluliselt suurenenud, enamikus väikejõgedes 2 kuni 3,5 korda.

Vesinikkarbonaat- ja kaltsiumiooni absoluutne sisaldus on tõusnud, kuid nende suhteline osakaal ioon-

**Biogenous matter.** An increase in the concentration of phosphorus and nitrogen compounds has been observed in the running water of Estonia during the past decades /9/. Phosphorus and nitrogen are elements limiting the eutrophication of water bodies, therefore it is useful to observe the dynamics of the concentration of these substances. Generalizations cannot, however, be made because of the absence of long time monitoring data. At the State measuring sections, only mineral phosphorus and nitrogen were measured. The long time dynamics of phosphate, nitrite, nitrate and ammonium ions and regularities deriving from that were measured. The yearly variations of mineral nitrogen and phosphorus are great. In summer, when water plants are growing intensively, phosphorus and nitrogen may be included in the metabolic processes. The concentration of these substances can thus fall under the exact analytic samples. During spring, summer and autumn floods, when great amounts of nutrients are washed into water from the catchment area, especially from fields, higher concentrations have been measured. Studies show that phosphates precipitate intensively in small rivers /10/.

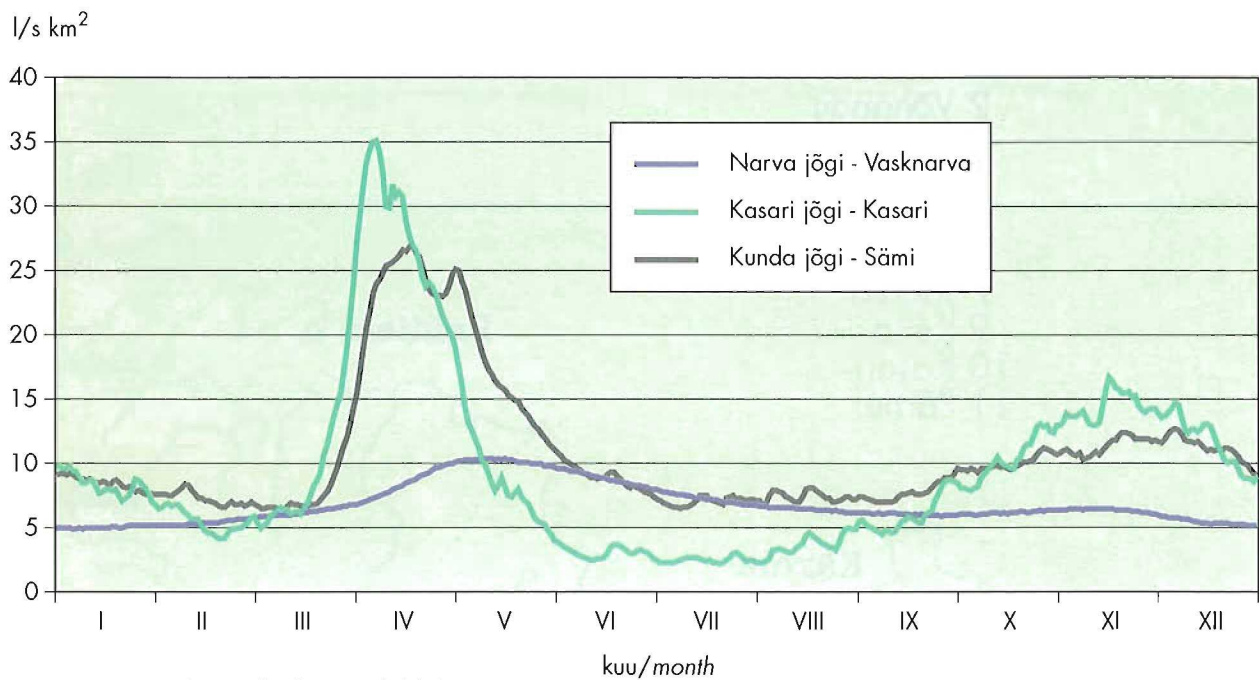
The trends of ammonium concentration are reliable. In most of the studied measuring sections, the concentration of  $\text{NH}_4^+$  has decreased (in accordance with the drop of  $\text{BOD}_5$ ).  $\text{NH}_4^+$  is unstable in water and oxydates rapidly into nitrites and nitrates in aerobic conditions. As water bodies have become eutrophied, also biochemical processes in them have intensified and the nitrification processes accelerated.

In every fourth studied measuring section, a statistically reliable increase in the concentration of nitrate ions can be observed. Most of these measuring sections are situated in the areas of upper reaches. The methodology of determining nitrogen compounds has changed and the changes in the concentration of  $\text{NO}_3^-$  may not reflect the actual changes in rivers.

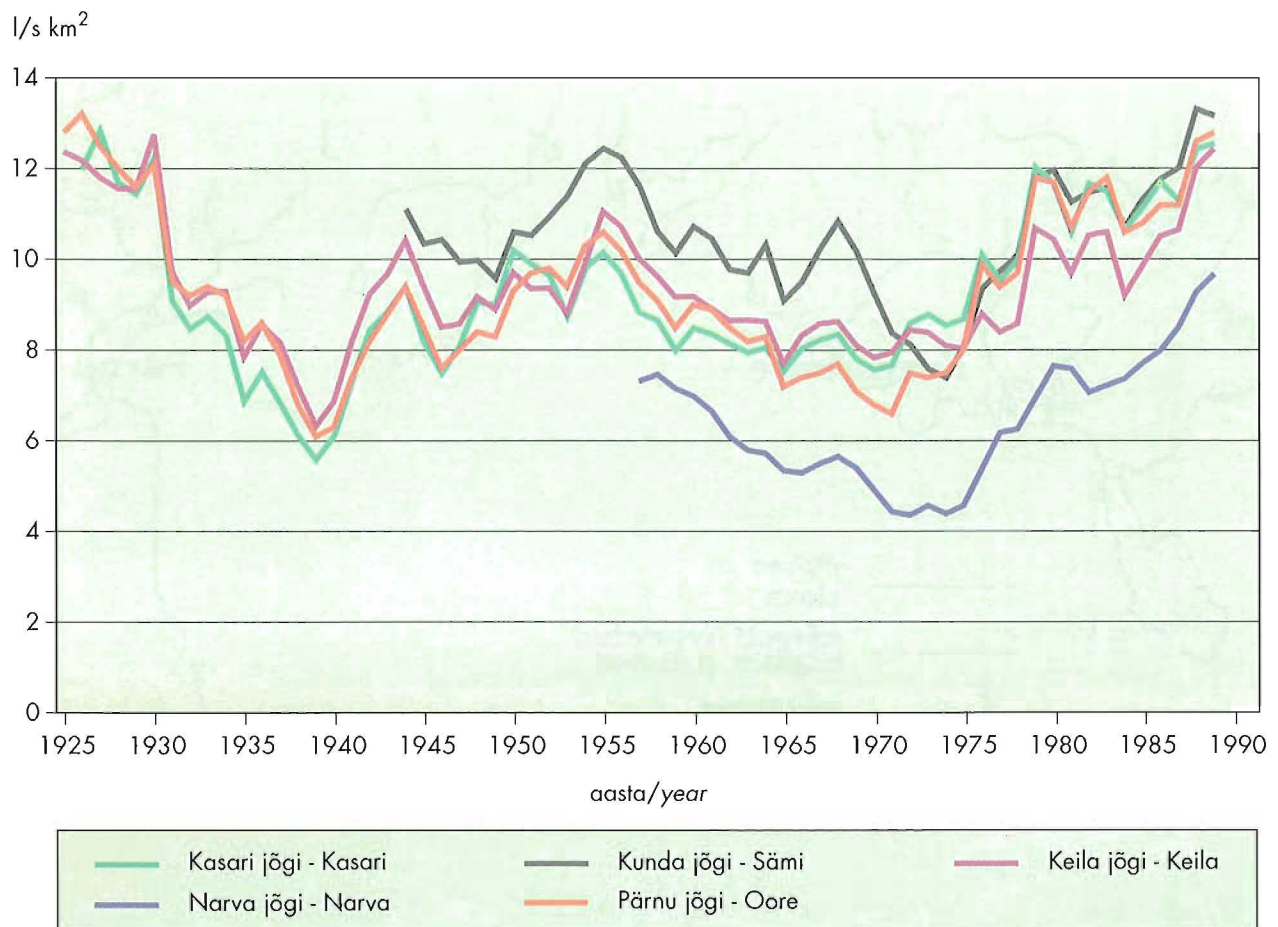
Although the nutrient content of rivers has increased, it is not reflected in the dynamics of the orthophosphate content. A statistically reliable decrease in the content of phosphate ions can be observed in many rivers, such as the Võhandu - Vagula, the Narva, the Pärnu - Pärnu, etc. Changes in most measuring sections are not statistically reliable.

The content of mineral phosphorus and nitrogen does not, however, reflect the actual nutrient content in water bodies.

**Ion content.** Studies of the dynamics of mineral matter content show that since late 1960s and especially in the



**Joonis 1.2** Keskmise hüdrograaf, l/s.km<sup>2</sup>  
**Figure 1.2** Mean hydrograph, l/s.km<sup>2</sup>

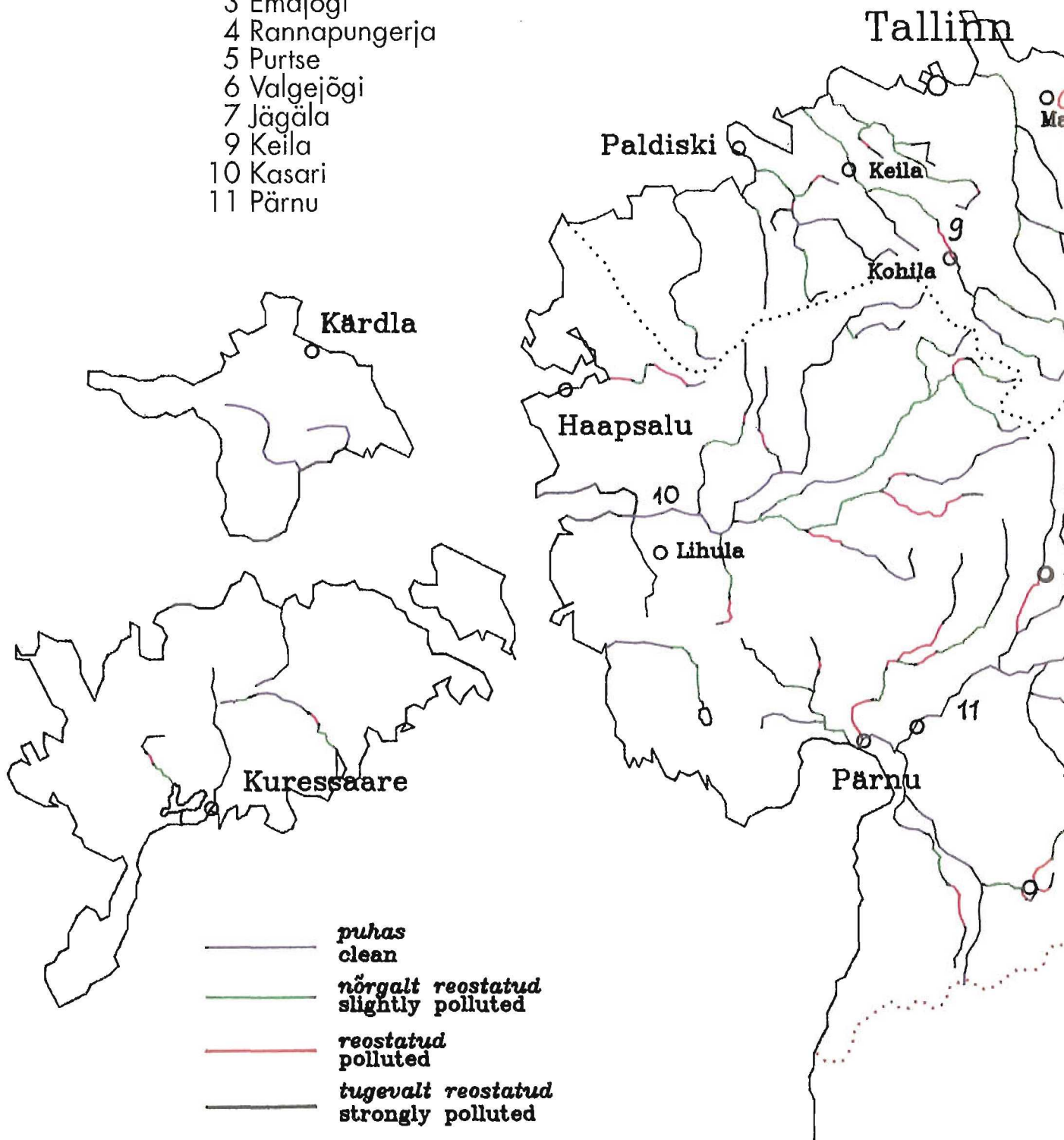


**Joonis 1.3** Aastakeskmise äravool. 5 a. libisevad moodulid, l/s.km<sup>2</sup>  
**Figure 1.3** Annual runoff. 5 years moving averages, l/s.km<sup>2</sup>



## JÕGI/RIVER

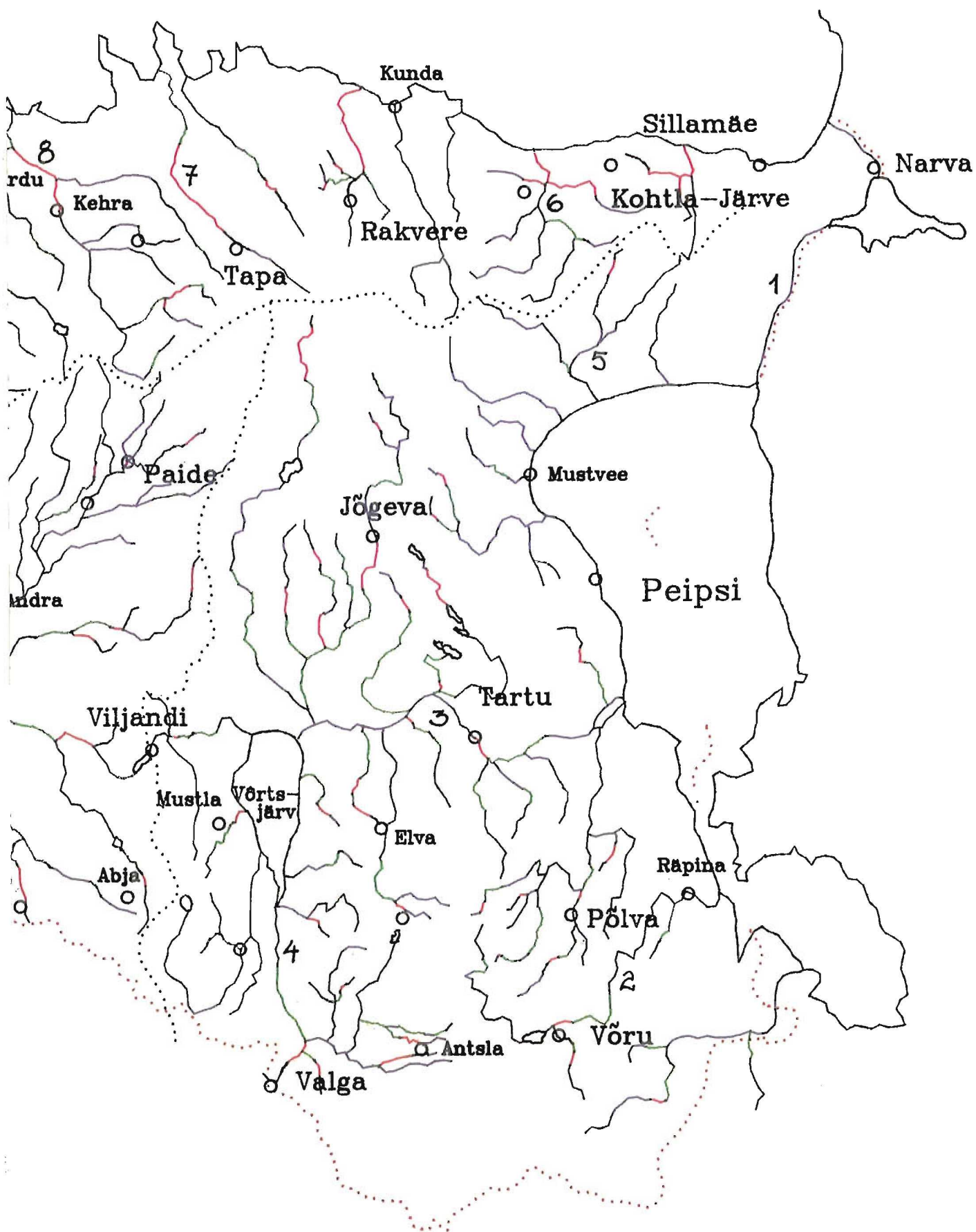
- 1 Narva
- 2 Võhandu
- 3 Emajõgi
- 4 Rannapungerja
- 5 Purtsi
- 6 Valgejõgi
- 7 Jägala
- 9 Keila
- 10 Kasari
- 11 Pärnu

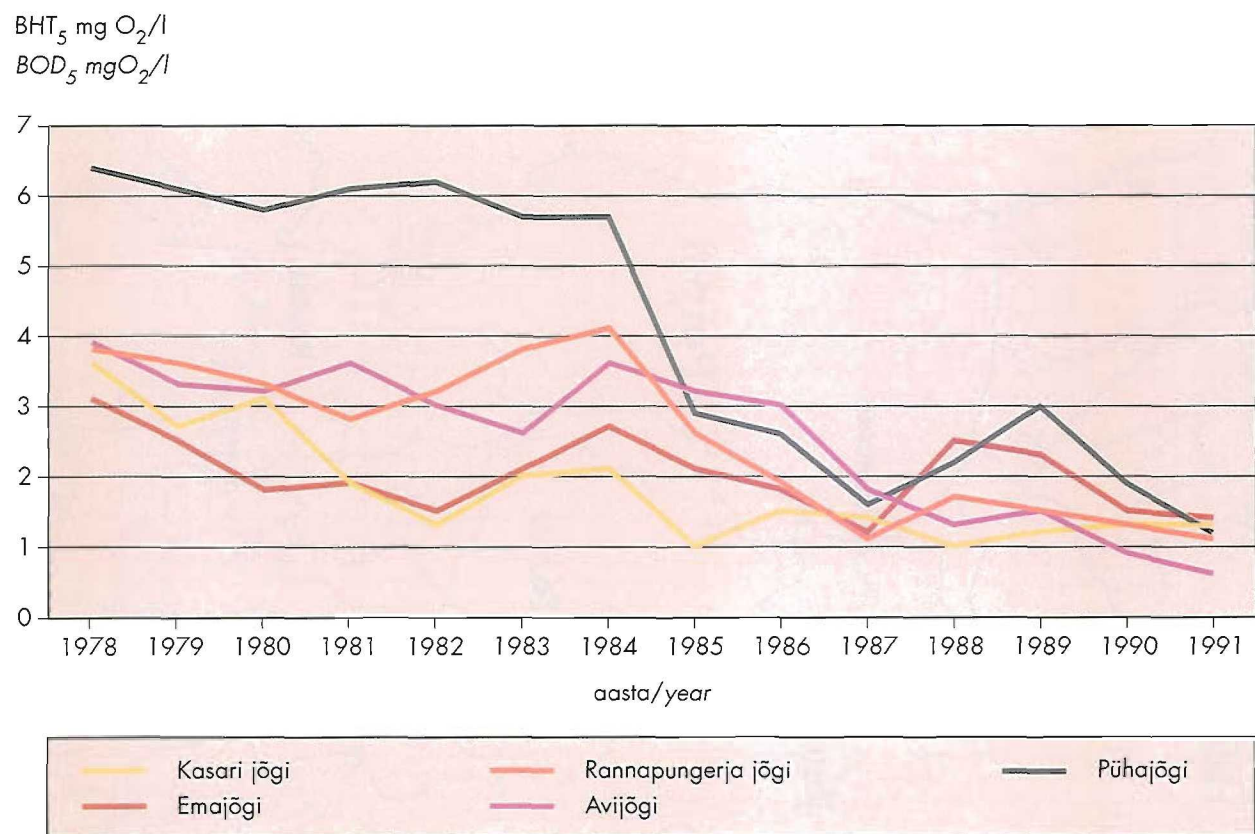


**Joonis 1.10** Jõgede arvutuslik veekvaliteet BHT järgi

**Figure 1.10** The map of calculated quality of the water in the rivers according to BOD







**Joonis 1.11** BHT sisalduse dünaamika  
**Figure 1.11** Dynamics of BOD

ses koostises on vähenenud  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  ionide suhtelise osakaalu tõusu tõttu. Sulfaatiooni sisalduse suurenemist pinnavees ei ole mõjutanud mitte ainult saastunud sademed, vaid ka intensiivne maakuivendus, mille tagajärjel kujunesid soodsad tingimused sulfiidide oksüdeerimiseks sulfaatideks ja nende leostumine vette.

**Vees lahustunud gaasid.** Süsihappegaasi ( $\text{CO}_2$ ) sisaldus jõevees sõltub eelkõige orgaanilise aine lagunemisest biokeemilistes protsessides. Märgatav kogus  $\text{CO}_2$  kasutatakse fotosünteesiks, karbonaatsete ühendite lahustamiseks ja alumiiniumsilikaatide leostamiseks. Süsihappegaasi sisaldus vees sõltub ka pH käigust. Kolmekümnes lävendis 55-st on  $\text{CO}_2$  sisalduse kasv statistiliselt usaldusväärne. Ülejäänud lävendites ei ole statistiliselt usaldusväärseid muutusi. Tendentsi süsihappegaasi sisalduse suurenemisele vees võib seletada biokeemiliste protsesside intensiivsuse kasvuga jõgede ökosüsteemides.

Lahustunud hapniku ( $\text{O}_2$ ) sisalduse statistiliselt usaldusväärseid muutusi enamikul lävenditel ei täheldatud. Suurenenud on lahustunud hapniku fluktuatsioon, s.t. minimaalse ja maksimaalse sisalduse vahe, mis viitab selgelt inimõju kasvule.

**Värvus.** Vee värvuse suurenemine on statistiliselt usaldusväärselt täheldatav 65 % lävenditest. Ainult mõnedel lävenditel on täheldatav värvuse vähenemine, kuid need muutused ei ole statistiliselt usaldusväärsed. Värvuse muutusi võib selgitada ulatuslike maaparan-dustöödega.

### 1.3.3 Jõgede vee troofsus ja primaarproduktiooni limiteeriv biogeenne element

Koostas A. Järvekülg

Mõiste troofsus ehk toitelisus tähistab primaar- ehk algproduktiooni moodustumiseks vajalike ainete - tai-mede toiteelementide (biogeenide) hulka veekogus. Eesti veekogudes on põhiliseks primaarproduktiooni

1970s, several changes have occurred in the ion content of water: the general concentration of all major ions has increased. The content of sulphate ions, for example, has increased up to 2–3.5 times from the level of 1960s in most small rivers.

The absolute content of hydrocarbonate and calcium ions has increased, but their relative share in the ion content has decreased due to the rise in the relative share of  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  ions. The content of sulphate ions in surface water has increased due to precipitation and intensive drainage. The latter has favoured the oxydation of sulphites into sulphates and their leaching into water.

**Gas dissolved in water.** The content of carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) in running water is highly dependent on the decomposition of organic matter in biochemical processes. Considerable amounts of  $\text{CO}_2$  are used in the photosynthesis, for dissolving carbonate compounds and for leaching aluminium silicates. The concentration of  $\text{CO}_2$  also depends on the pH. In 30 measuring sections of 55, the increase in the content of  $\text{CO}_2$  is statistically reliable, in the rest of the sections no statistically reliable changes have occurred. The general tendency towards an increase in the content of carbon dioxide in water can be explained by the intensified biochemical processes in river ecosystems.

No statistically reliable changes in the content of dissolved oxygen ( $\text{O}_2$ ) were observed in most measuring sections. However, the fluctuation of dissolved oxygen has increased, i.e. the differences between the minimal and the maximal concentrations have grown, which indicates an increase in human impact.

**Colour.** In 65 % of the measuring sections, a statistically reliable increase in the colour of water has been observed. A decrease in colour was observed in some measuring sections, but these changes were not statistically reliable. The changes in colour can be explained by comprehensive amelioration works.

### 1.3.3 Trophy of the water of Estonian rivers and nutrients limiting the primary production

By A. Järvekülg

The term trophy or nutrient content signifies the amount of substances necessary for forming primary production in water bodies, i.e. the amount of plant nutrients (or biogenous elements). In Estonian water bodies the

limiteerivateks elementideks ja seega troofsusastet määravateks elementideks osutunud fosfor (P) ja lämmastik (N). Inimtegevuse tagajärjel on jõgedes viimastel aastakümnetel N ja P sisaldus kiiresti suurenenud ning intensiivistunud eutrofikatsioon. Selle protsessi pidurdamine on praegu veekogude kaitse üks tähtsamaid ülesandeid. Jõgede troofsusastet iseloomustab kõige adekvaatsemalt üldfosfori ja üldlämmastiku kontsentratsioon vees kesksuvel, mil vee keemiline koostis on enamasti kõige stabiilsem ja bioproduktioon intensiivsem.

Käesoleva ülevaate materjal on kogutud Eesti TA Zoologia ja Botaanika Instituudi poolt aastail 1986–1993. Andmed vee kesksuvisest troofsusastme kohta pärinevad 157 jõe 406 lõigust (*joonis 1.12*) ja andmed primaarproduktiooni limiteeriva biogeeni kohta 152 jõe 394 lõigust (*joonis 1.13*). Senini on uurimata Saaremaa ja Hiiumaa jõed.

Troofsusastme selgitamiseks hinnati jõgede vee üldlämmastiku sisalduse taset C. Forsbergi ja S.O. Rydingi /11/ skaala järgi (oligotroofne  $\leq 400 \text{ mg/m}^3$ , mesotroofne  $400\text{--}600 \text{ mg/m}^3$ , eutroofne  $600\text{--}1500 \text{ mg/m}^3$ , hüpertroofne  $>1500 \text{ mg/m}^3$ ) ja üldfosfori sisalduse taset järgmise provisoorse skaala järgi: oligotroofne  $\leq 10 \text{ mg/m}^3$ , mesotroofne  $10\text{--}50 \text{ mg/m}^3$ , eutroofne  $50\text{--}100 \text{ mg/m}^3$ , hüpertroofne  $>100 \text{ mg/m}^3$ . Vee troofsusaste määrati madalamal sisaldustasemel oleva biogeense elemendi kontsentratsiooni järgi. Primaarproduktiooni limiteeriv biogeen määrati  $N_{\text{miner}}$  ( $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ ) ja  $P_{\text{miner}}$  ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) massi suhte põhjal, kusjuures fotosünteesi jaoks optimaalseks loeti suhte vahemik 7–8. Vee biogeenidesisalduse analüüsid tegi dipl.biol. M.Viik.

Uurimistulemused (*tabel 1.8*) näitavad, et vee üldlämmastiku sisaldus on Eesti jõgedes tervikuna väga kõrge: 61 % jõelõikudes hüpertroofselt, 33 % jõelõikudes eutroofselt ning vaid 6 % jõelõikudes kas oligotroofselt või mesotroofselt tasemel. Üldlämmastiku sisalduse hüpertroofse tasemega jõelõikude domineerimine on iseloomulik Põhja- ja Kesk-Eesti karstunud paealuspõhja ja õhukese pinnakattega ala allikatoitelistele jõestikele (Pedja-Põltsamaa, Pärnu, Kasari jt.). Liivakivi aluspõhja ja paksu moreenkattega Lõuna-Eesti jõestikes (Piusa, Võhandu, Elva, Ahja jt.) on vee üldlämmastiku sisaldus suvel enamasti eutroofselt tasemel.

Üldfosfori sisalduse üldine tase Eesti jõgede vees kesksuvel on üldlämmastiku omast märksa madalam: 47 % jõelõikudes vastav mesotroofsele, 31 % jõelõiku-

main elements limiting primary production and thus trophy are phosphorus (P) and nitrogen (N). Due to human activity, the content of P and N has increased rapidly and eutrophication has intensified during the past decades. Breaking this process is at the moment one of the most important tasks of water protectors. The degree of trophy of rivers is most adequately reflected by the concentration of total phosphorus ( $P_{\text{tot}}$ ) and total nitrogen ( $N_{\text{tot}}$ ) at midsummer, when the chemical composition of water is generally most stable and the bioproduction most intensive.

The material of the present survey has been compiled between 1986 and 1993 by the Institute of Zoology and Botany of the Estonian Academy of Sciences. Data about the degree of trophy in midsummer originate from 406 sections of 157 rivers (*figure 1.12*) and data about the nutrients limiting primary production from 394 sections of 152 rivers (*figure 1.13*). Rivers of Saaremaa and Hiiumaa have not been studied yet.

To estimate the degree of trophy, total nitrogen concentration level in river water was measured according to the scale of C. Forsberg and S.O. Ryding /11/ (oligotrophic  $\leq 400 \text{ mg/m}^3$ , mesotrophic  $400\text{--}600 \text{ mg/m}^3$ , eutrophic  $600\text{--}1500 \text{ mg/m}^3$ , hypertrophic  $> 1500 \text{ mg/m}^3$ ). Total phosphorus concentration level was measured according to the following provisional scale: oligotrophic  $\leq 10 \text{ mg/m}^3$ , mesotrophic  $10\text{--}50 \text{ mg/m}^3$ , eutrophic  $50\text{--}100 \text{ mg/m}^3$ , hypertrophic  $> 100 \text{ mg/m}^3$ . The degree of trophy was determined by the concentration of the nutrient which had the lowest content level. The nutrients limiting the primary production were determined by the ratio of the mass of mineral N ( $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ ) and mineral P ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ), whereas 7–8 was considered optimal for photosynthesis. The nutrient content analyses were conducted by M. Viik.

The results of the studies (*table 1.8*) show that the total N content in Estonian rivers is very high: 61 % of the river sections are hypertrophic, 33 % eutrophic and only 6 % either oligotrophic or mesotrophic. The domination of river sections with a hypertrophic level of total N content is characteristic of the rivers of North and Central Estonia, i.e. the spring-fed river systems of karstified limestone based and thinly covered areas, such as the Pedja-Põltsamaa, the Pärnu, the Kasari and others. The sandstone based river systems of South Estonia (which is thickly covered by moraine), such as the Piusa, the Võhandu, the Elva, the Ahja and others, have a eutrophic total N content in summer. The ge-

des eutroofsele, 21 % jõelõikudes hüpertroofsele ja 1 % jõelõikudes oligotroofsele astmele. Üld-fosfori sisalduse mesotroofse tasemega lõigud domineerisid enamikus uuritud veesüsteemides, eutroofsed lõigud olid ülekaalus Õhne, Elva ja Ahja jõestikus ning hüpertroofsed lõigud ainult Väike-Emajõe jõestikus.

Jõgede vee troofsusaste (tabel 1.8, joonis 1.12) varieerub kesksuvel oligotroofsest kuni hüpertroofseni. Kindlas ülekaalus on mesotroofsed jõelõigud - 46 %, järgnevad eutroofsed (34 %) ja hüpertroofsed (16 %) lõigud; oligotroofseid jõelõike on väga vähe - ainult 4 %. Valdaval enamikul juhtudel määrab vee troofsusaste üldfosfori sisalduse tase. Eri veesüsteemides domineerivad erineva troofsusastmega jõelõigud. Mesotroofsed lõigud on selges ülekaalus Jägala, Kasari, Pärnu ja Pedja-Põltsamaa jõestikus, Emajões ning Liivi lahte suubuvates väikejõgedes, samuti Peipsi loodekalda ja Loode-Eesti jõgedes. Eutroofsed lõigud domineerivad Piusa, Võhandu, Õhne, Elva ja Ahja jõestikus ning Ida-Harjumaa väikejõgedes. Lääne-Virumaa jõgedes on võrdsel hulgal meso- ja eutroofseid ning Väike-Emajõe jõestikus ühepalju meso- ja hüpertroofseid lõike. Oligotroofsed jõelõigud puuduvad rohkem kui pooltes veesüsteemides, kõige rohkem on neid Ida-Harjumaa väikejõgedes (27 %). Hüpertroofseid lõike ei leitud Piusa, Võhandu, Ahja ja Jägala jõestikus ning Liivi lahte suubuvates väikejõgedes, enim oli neid Emajões (33 %).

Primaarproduktsiooni limiteerivaks biogeeniks Eesti jõgedes (tabel 1.8, joonis 1.13) on 84 % juhtudel (jõelõikudes)  $P_{\text{miner}}$  ja vaid 12 % juhtudel  $N_{\text{miner}}$ ; 4 % juhtudel on mineraalse N ja P massi suhe fotosünteesiks optimaalne. Fosforist sagedamini limiteerib lämmastik primaarproduktsiooni ainult Ida-Harjumaa väikejõgedes.

Valgusepuudusest jm. tegureist tingituna on primaarproduktsiooni üldtase Eesti jõgedes ka kesksuvel vee troofsustasemest enamasti märksa madalam [12]. Seetõttu jääb paljudes jõgedes suur osa nii N kui P mineraalsetest ühenditest fotosünteesiprotsessis kasutamata ning limiteeriv biogeen primaarproduktsiooni taset tihti otseselt ei mõjuta.

General level of the total P content in the water of Estonian rivers in midsummer is considerably lower than the total N content: 47 % of the river sections are mesotrophic, 31 % eutrophic, 21 % hypertrophic and 1 % oligotrophic. Mesotrophic levels of total P content were dominant in most studied water systems, eutrophic sections were dominant in the river systems of Õhne, Elva and Ahja, and hypertrophic sections only in the river system of Väike-Emajõgi.

The trophic level of river water (table 1.8 figure 1.12) varies from oligotrophic to hypertrophic at midsummer, whereas mesotrophic river sections are predominant (46 %), followed by eutrophic sections (34 %) and hypertrophic sections (16 %). Oligotrophic sections constituted only 4 % of the sections. Sections with different trophic level dominated in different water systems. Mesotrophic sections were clearly predominant in the river systems of Jägala, Kasari, Pärnu and Pedja-Põltsamaa, in the Emajõgi and in the small rivers running to the Gulf of Riga, as well as in the rivers of north-west Peipsi and north-west Estonia. Eutrophic sections were predominant in the river systems of Piusa, Võhandu, Õhne, Elva and Ahja as well as in the small rivers of eastern Harjumaa. The rivers of Lääne-Virumaa are either mesotrophic or eutrophic, the rivers of the Väike-Emajõgi river system either mesotrophic or hypertrophic. Oligotrophic sections are absent from more than a half of the water systems, most oligotrophic sections can be found in the small rivers of Ida-Harjumaa (27 %). No hypertrophic sections were found in the river systems of Piusa, Võhandu, Ahja and Jägala as well as in the small rivers running to the Gulf of Riga, most hypertrophic sections were found in Emajõgi (33 %).

In 84 % of the cases, the nutrient limiting the primary production in Estonian rivers (table 1.8, figure 1.13) is mineral P, and only in 12 % of the cases mineral N; in 4 % of the cases, the ratio of the mass of mineral N and P is optimal for photosynthesis. However, in the small rivers of Ida-Harjumaa, nitrogen limits primary production more often than phosphorus.

The general level of the primary production in Estonian rivers is even at midsummer considerably lower than the trophic level of water. This is caused by the deficiency of light and other factors [12]. The major part of the mineral compounds of N and P is therefore not used for the process of photosynthesis in many rivers and the limiting nutrients do not have a direct impact on the level of the primary production.

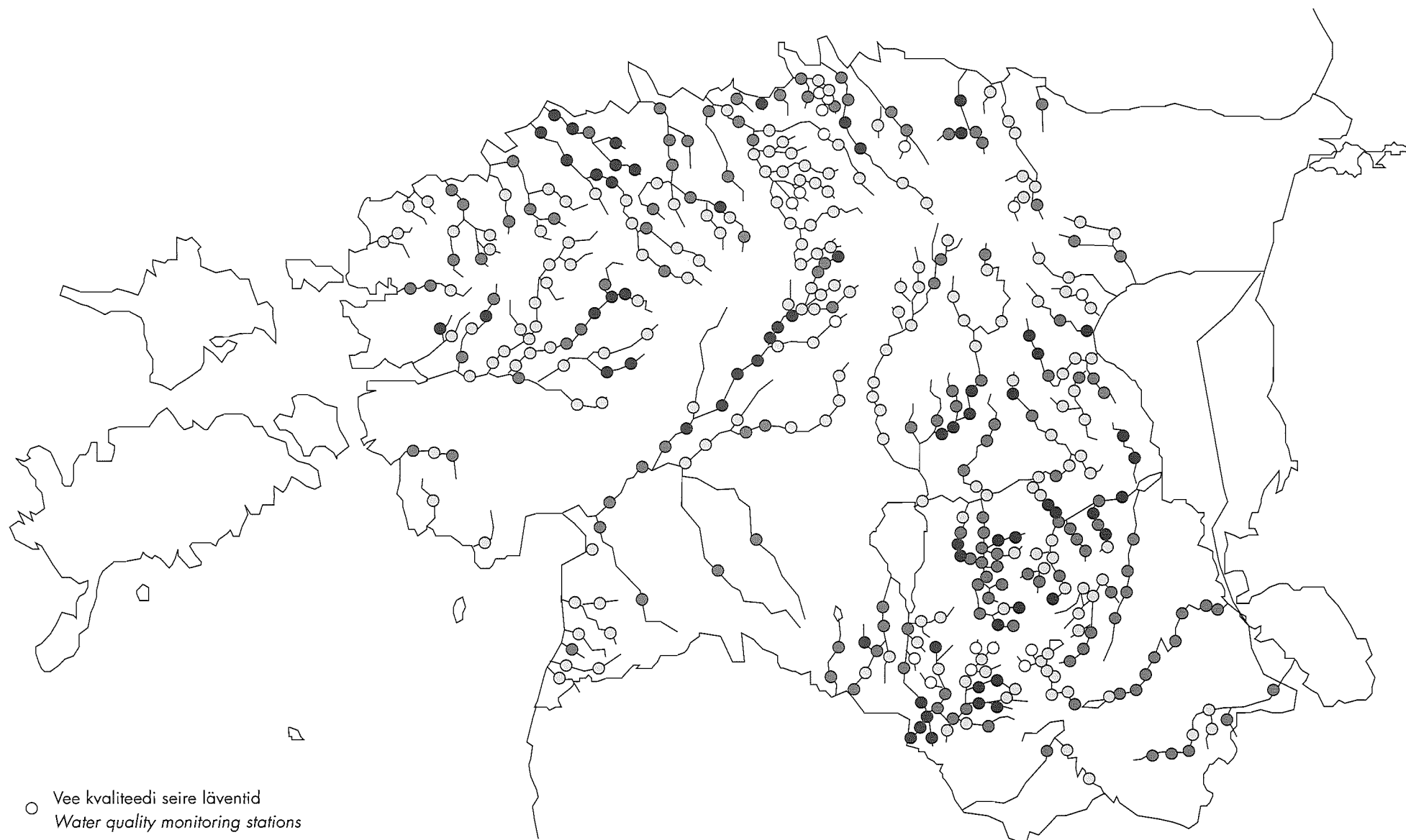
**Tabel 1.8** Üldlämmastiku ja üldfosfori sisalduse tase, vee troofsusaste suvel ning primaarproduktiooni limiteeriv biogeen jõgedes aastail 1986–1993**Table 1.8** Total nitrogen and total phosphorus content level, trophic level of water in summer, nutrients limiting the primary production in rivers between 1986 and 1993

		Arv/No		Jõelõikude jaotumus %-des River sections ( %)													
Veesüsteemid Water system			biogeenide sisalduse tase nutrient content level								vee troofsusaste/ traphic level of water				limiteeriv biogeen/ limiting nutrient		
			üld N/tot N				üld P/tot P										
			O	M	E	H	O	M	E	H	O	M	E	H	P	N	opt.
Uuritud jõed kokku	157	406	3	3	33	61	1	47	31	21	4	46	34	16	84	12	4
Piusa ja Võhandu jõestik	6	26	8	8	76	8		42	31	27	8	38	54		61	27	12
Väike-Emajõe jõestik	16	33	15	12	33	40		24	36	40	15	30	25	30	76	15	9
Ohne jõestik	3	9			44	56		22	67	11		22	67	11	100		
Emajõgi	1	9			67	33		44	12	44		45	22	33	67	22	11
Pedja-Põltsamaa jõestik	11	28			4	96		57	29	14		57	29	14	100		
Elva jõestik	7	19			58	42		16	63	21		16	63	21	74	26	
Ahja jõestik	5	13			92	8		39	46	15		39	61		84	8	8
Emajõe väiksed lisajõed	12	36			6	94		39	36	25		39	36	25	72	22	6
Peipsi loodekalda jõed	9	24			21	79	4	54	29	13	4	54	29	13	75	17	8
Lääne-Virumaa jõed	11	24			8	92	8	38	38	16	8	38	38	16	100*		
Ida-Harjumaa väikejõed	7	11	27	18	46	9		46	18	36	27	27	37	9	27	64	9
Jägala jõestik	11	30	7	10	20	63		87	10	3	7	80	13		90	7	3
Loode-Eesti jõed	22	51		2	41	57		46	27	27		45	35	20	94	4	2
Kasari jõestik	10	33			24	76		64	18	18		64	18	18	97	3	
Pärnu jõestik	11	38			21	79	3	45	31	21	3	45	31	21	95	5	
Liivi lahte suubuvad väikejõed	10	14		7	72	21		79	21			79	21		79	21	

Legend:

O=oligotroofne/oligotrophic, M=mesotroofne/mesotrophic, E=eutroofne/eutrophic, H=hüpertroofne/hypertrophic

\* andmed 6 jõe 12 lõigu kohta/data about 12 sections of 6 rivers



○ Vee kvaliteedi seire lävendid  
Water quality monitoring stations

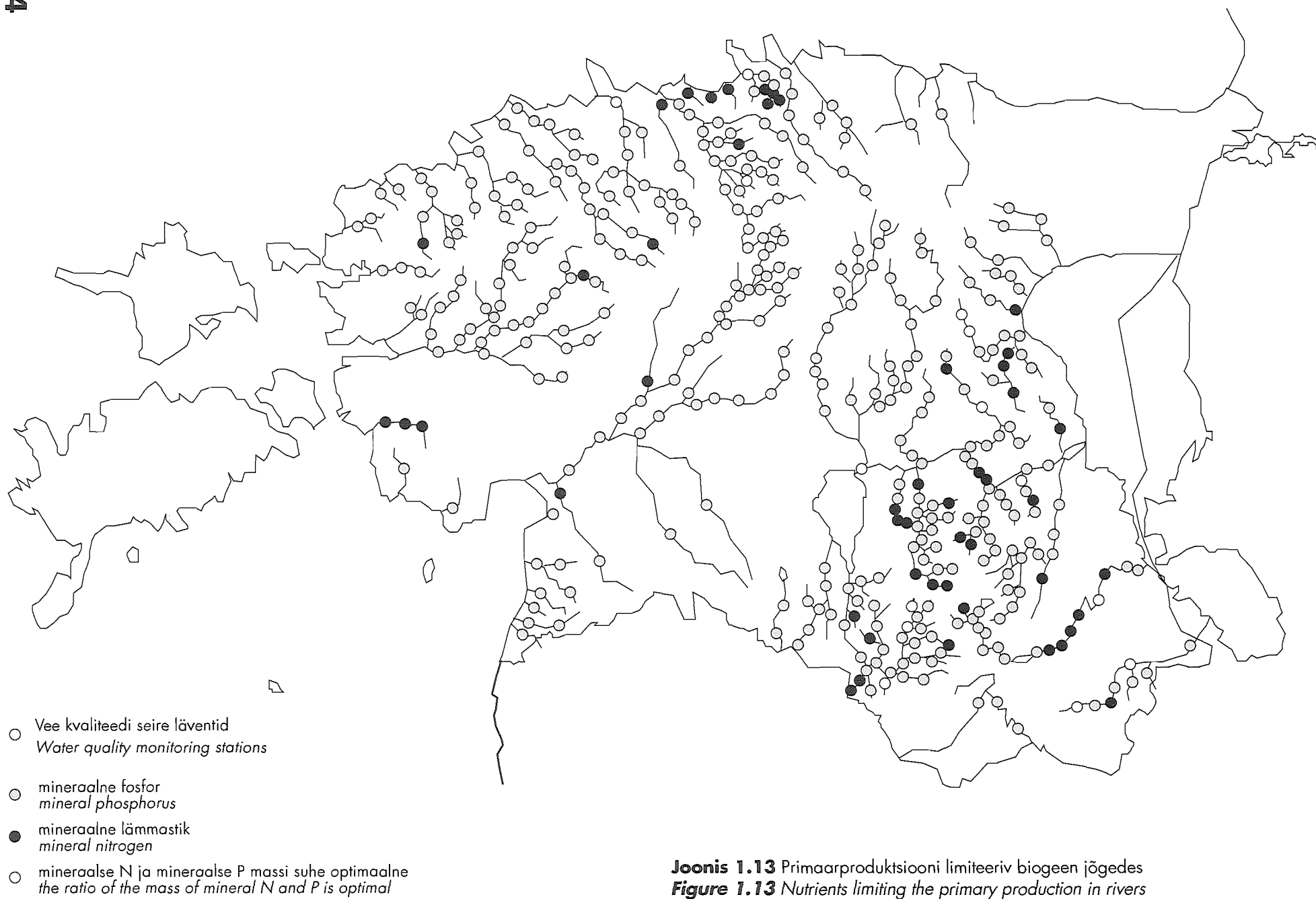
○ oligotroofne  
oligotrophic

● eutroofne  
eutrophic

● mesotroofne  
mesotrophic

● hüpertroofne  
hypertrophic

**Joonis 1.12** Jõgede vee troofsusaste suvel  
**Figure 1.12** The trophic level of river water in summer



**Joonis 1.13** Primaarproduktiooni limiteeriv biogeen jõgedes  
**Figure 1.13** Nutrients limiting the primary production in rivers



## 2. Järved ja nende seisund

### 2.1 Väikejärved

Koostasid A. Mäemets ja I. Ott

Eestis on ligikaudu 1200 väikejärve ja veehoidlat pindalaga üle 1 ha. Umbes 600 neist on hüdrobioloogiliselt uuritud, sealhulgas 200 korduvalt. Aastail 1988–1991 uuriti komplekselt 150 järve.

1970-ndail aastail väljatöötatud limnoloogilise tüpoloogia alusel on Eesti järvede hulgas eristatud 8 põhilist tüüpi (27 alamtüübiga): oligotroofseid järvi oli 8 %, semidüstroofseid 5,8 %, düstroofseid 9 %, eutroofseid 36,4 %, düseutroofseid 36,6 %, alkalitroofseid 2,6 %, halotroofseid 1,4 % ja siderotroofseid 0,2 %. Eesti jaguneb 7 limnoloogiliseks valdkonnaks 10 alamvaldkonnaga (joonis 2.1). Kalanduslikult ja puhkemajan-

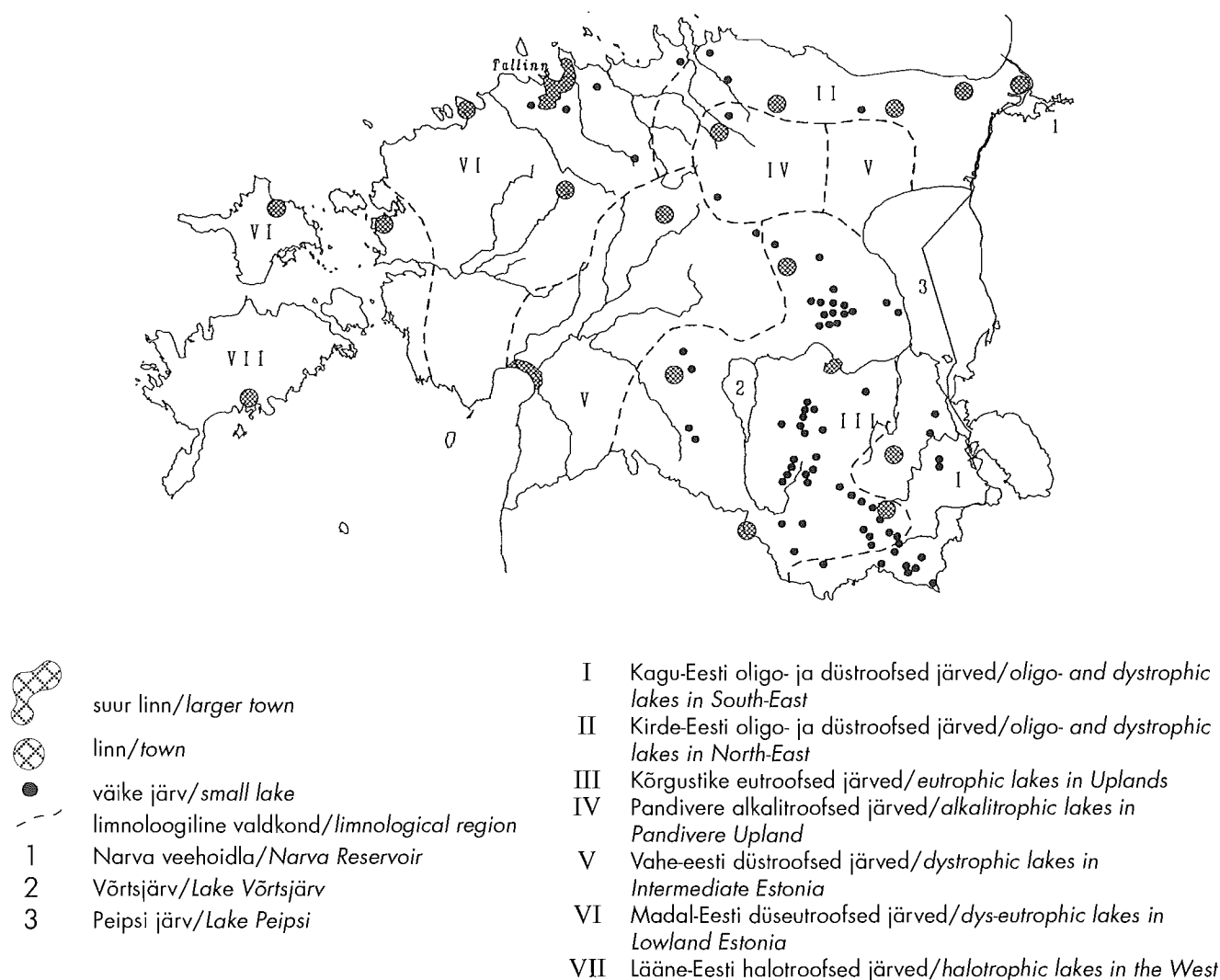
## 2. The state of lakes

### 2.1 Small lakes

By A. Mäemets and I. Ott

There are about 1,200 small lakes and reservoirs with an aquatory of over 1 hectare in Estonia. Nearly 600 lakes have been studied hydrobiologically, 200 of them on several occasions. 150 lakes were studied comprehensively between 1988 and 1991.

According to the limnological classification elaborated in the 1970s, 8 main types and 27 sub-types of lakes were distinguished, 8 % of which were oligotrophic, 5.8 % semidystrophic, 9 % dystrophic, 36.4 % eutrophic, 36.6 % dyseutrophic, 2.6 % alkalitrophic, 1.4 % halotrophic, and 0.2 % siderotrophic. Estonia was divided into 7 limnological regions with 10 sub-



**Joonis 2.1** Limnoloogilised valdkonnad ja uuritud järved

**Figure 2.1** Limnological regions and location of investigated lakes

duolikult väärtuslikemad paiknevad III regioonis Otepää ja Sakala kõrgustikul ning Vooremaal, kuna teised valdkonnad on rikkamad taim-ja loomharulduste poolest.

1970-ndail aastail olid vaid üksikud järved hüpertroofses seisukorras, aastail 198–1991 oli selliseid juba 28 %. Tabelis 2.1 toodud keskmiste andmete põhjal on Eesti järved praegu tugevasti eutrofeerunud.

regions (figure 2.1). The best fishing and recreational lakes are those of the region of Otepää, Sakala Uplands and Vooremaa while the others reveal more botanic and animal rarities.

Only a few lakes were hypertrophic in the 1970s but, during 1988–1991, 28 % proved to be on this level. According to table 2.1, an average Estonian lake is strongly eutrophicated by now.

**Tabel 2.1** 150 järve hüdrokeemiliste andmete keskmised väärtused aastail 1988–1991

**Table 2.1** Average values of the hydrochemical data for 150 lakes between 1988 and 1991

Näitaja Characteristic	Ühik Unit	Väärtus Value
Vee läbipaistvus Water transparency	m	1,9
pH		7,94
Hapniku kontsentratsioon vee põhjakihis Oxygen content in the bottom layers	%	29,7
Üldaluselisus Total alkalinity	mg/l	153,3
Dikromaatne oksüdeeritavus Dichromatic consumption	mgO/l	37,2
Sulfaatide kontsentratsioon Concentration of sulphates	mg/l	34,1
Kloriidide kontsentratsioon Concentration of chlorides	mg/l	13,3
Üldlämmastiku kontsentratsioon vee pinnakihi Total N in the surface water layers	mg/m <sup>3</sup>	1303,4
Sama vee põhjakihis The same in the bottom water layers	mg/m <sup>3</sup>	1661
Üldfosfori kontsentratsioon vee pinnakihi Total P in the surface water layers	mg/m <sup>3</sup>	73,4
Sama vee põhjakihis The same in the bottom	mg/m <sup>3</sup>	118,6

79-s korduvalt uuritud järves (esimest korda uuritud peamiselt 1950-ndail või 1960-ndail aastail) on muutunud peaaegu kõik keskmised näitajad. Vee läbipaistvus on langenud 2,1 meetrilt 1,8 meetrile; põhjalähedase vee hapnikusisaldus on vähenenud, pisut on langenud ka dikromaatne oksüdeeritavus. sulfaatide ja kloriidide kontsentratsioon ning üldaluselisus on suurenenud (vastavalt 5, 2,7 ja 1,2 korda), kuna pH on jäänud samaks (8.2). Hüdrobioloogilised parameetrid (tabel 2.2) on keskmisel tasemel ja näitavad, et tavaline Eesti järv on eutroofne.

Peamised kalad on ahven, särg, haug ja latikas. Koha esineb sissetooduna 11,1 % järvedest. Väikejärvede kalanduslik ja puhkemajanduslik väärtus on keskmine, looduskaitse väärtus on paljudel järvedel suur.

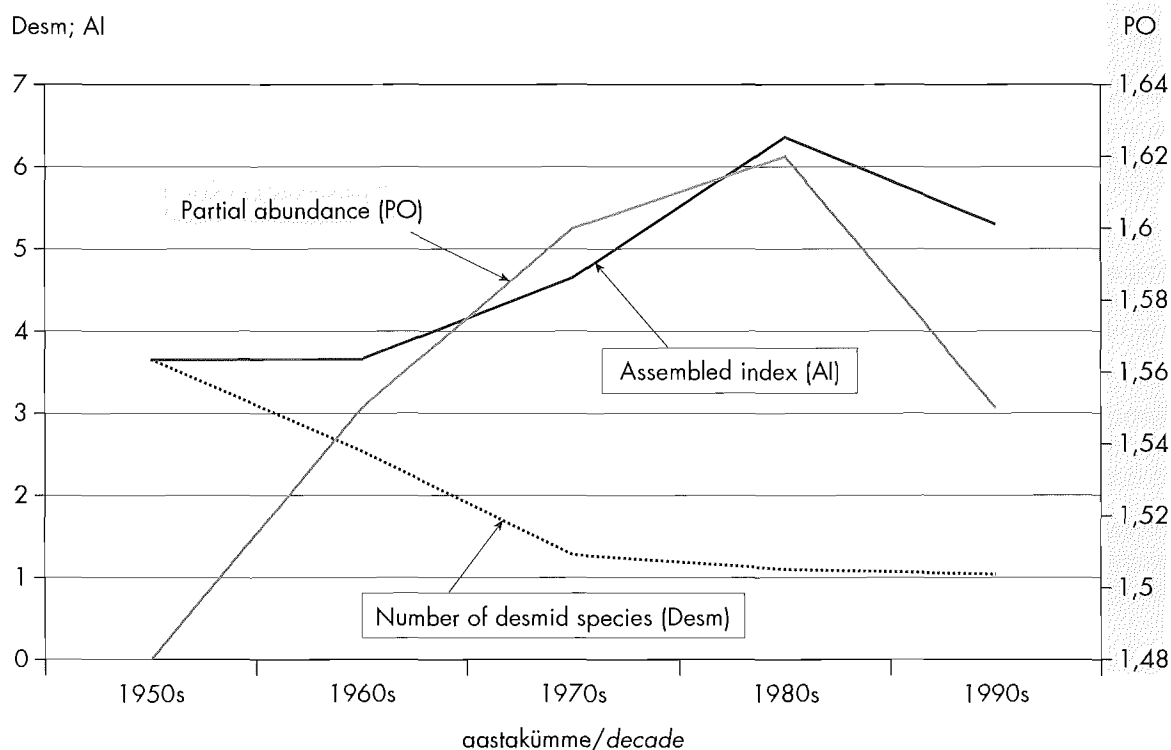
Almost all average characteristics have changed in the 79 repeatedly studied lakes, which were for the first time studied in the 1950s or 1960s. Water transparency has dropped from 2.1 m to 1.8 m, oxygen content near the bottom, and, to some extent, the dichromatic consumption, have decreased. The concentration of sulphates, chlorides and total alkalinity have increased (5, 2.7 and 1.2 times, respectively) while the pH (8.2) remained the same. Hydrobiological parameters (Table 2.2) are on a medium level and show an average Estonian lake as a eutrophic one. The main fish are perch, roach, pike and bream. The introduced pike-perch lives in 11.1 % of the small lakes. The fishery and recreational values of small lakes are mediocre, but many of them are highly valuable from the point of view of nature protection.

**Tabel 2.2** Keskmised hüdrobioloogilised näitajad ja põllumajanduslik reostus Eesti väikejärvedel viimastel aastatel  
**Table 2.2** Average hydrobiological characteristics and agricultural pollution into the Estonian small lakes

Näitaja Characteristic	Ühik Unit	Väärtus Value
<b>• Mikrobioloogia Microbiology</b>		
Bakterite üldarv vees Total count of bacteria	10 <sup>6</sup> /ml	5,2
BHT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub>	3,7
<b>• Fütoplankton Phytoplankton</b>		
Biomass Biomass	g/m <sup>3</sup>	7,9
Klorofüll a Chlorophyll a	mg/m <sup>3</sup>	21,2
<b>• Zooplankton Zooplankton</b>		
Arvukus Number of individuals	10 <sup>3</sup> ind/m <sup>3</sup>	192,5
Biomass Biomass	g/m <sup>3</sup>	1,5
Vesikirbuliste arv pelagiaalis Number of the Cladocera species in the pelagial zone		4,9
<b>• Makrozoobentos Macrozoobenthos</b>		
Hironomiidivastsete biomass Biomass of Hironomidae	g/m <sup>2</sup>	3,4
Väheharjasusside biomass Biomass of Oligochaeta	g/m <sup>2</sup>	0,5
Väikeste limuste biomass (ilma suurte karpide ja sooteeta) Biomass of small Mollusca (excl. Unio, Anodonta, Dreissena, Viviparus)	g/m <sup>2</sup>	2,4
Teiste rühmade biomass (limusteta) Biomass of other non-molluscs	g/m <sup>2</sup>	2,3
Biomass profundaalis Biomass in the profundal zone	g/m <sup>2</sup>	2,6
Biomass litoraalis Biomass in the littoral zone	g/m <sup>2</sup>	14,0
<b>• Ihtüoloogia Ichthyology</b>		
Kalade kogupüük Total fish catch	kg/ha	17,3
<b>• Põllumajanduslik reostus Pollution from agriculture</b>		
Punktreostus Point pollution	inimekvivalente järvepinna ha kohta human equivalents/ha of the lake	26,3
Fosfori hajureostus Nonpoint pollution; phosphorus	kg/ha	3,5
Lämmastiku hajureostus Nonpoint pollution; nitrogen	kg/ha	83,4

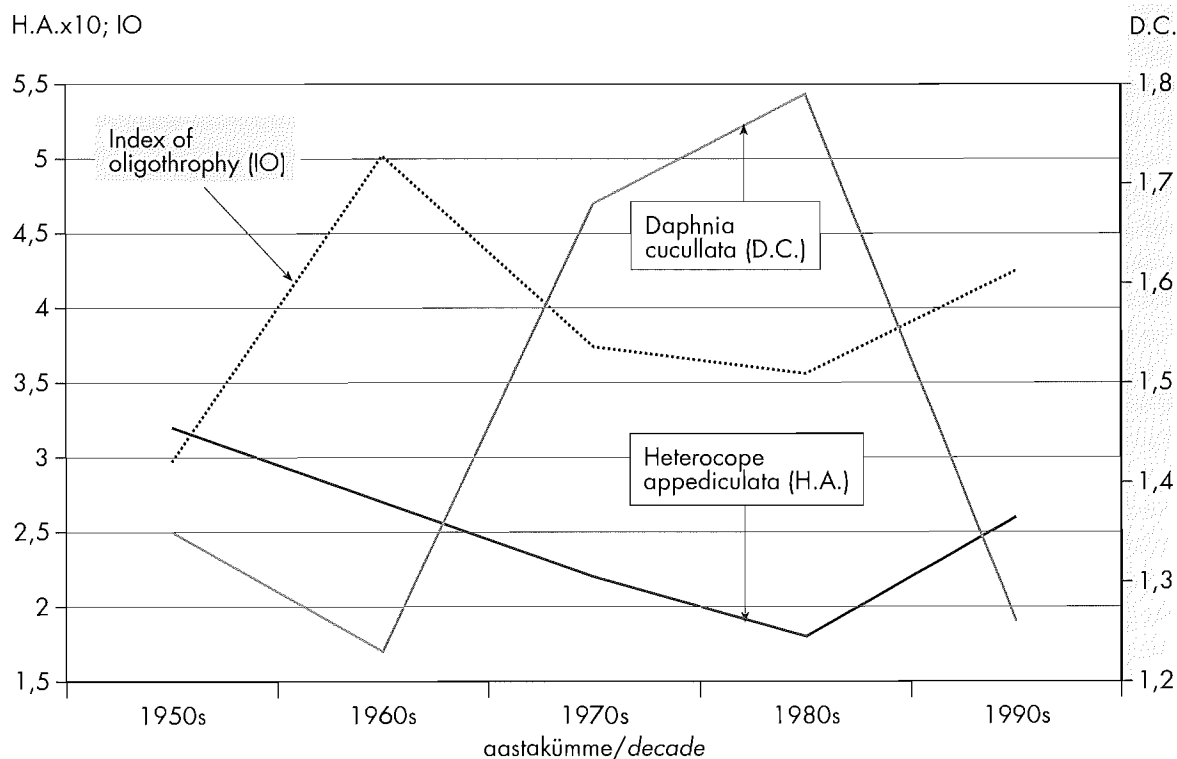
Joonistel 2.2 ja 2.3 on antud mõnede limnoloogiliste näitajate muutumine nelja aastakümne jooksul. Fütoplanktoni osaohtus on üldohtruse ja liikide arvu jagatis. Fütoplanktoni koondindeks (AI) on eutroofsete ja oligotroofsete indikaatorliikide suhe. Desmideed on peamiselt oligotroofsed indikaatorid. Zooplanktonis on *Heterocope appendiculata* (H.A.) oligotroofne, *Daphnia cucullata* (D.C.) eutroofne indikaatorliik. Oligotroofsuse indeks (IO) on oligotroofsete ja eutroofsete indikaatorliikide arvu suhe. Eesti järvede seisund oli kõige oligotroofsem 1960-dail aastail ja kõige eutroofsem 1980- dail aastail. Kõrgem troofsustase 1950-dail aastail võib olla tingitud tolleaegsest linaleotamisest. Troofsustaseme langus viimastel aastatel võib olla seotud sademeriikka perioodiga (lõppes 1991) ja põllumajanduse kiratsemisega. Eesti väikejärvede kaasaegne seisund on vaevalt rahuldav, kuid paranemistendents on ilmne.

Figures 2.2 and 2.3 present changes in some limnological parameters during the last four decades. In phytoplankton, the partial abundance is calculated by dividing the total abundance with the number of species (O). Assembled phytoplankton index (AI) is the species number of eutrophic indicators divided with species number of oligotrophic indicators. Desmids (Desm) are mainly oligotrophic indicators. In zooplankton, *Heterocope appendiculata* (H.A.) is an oligotrophic and *Daphnia cucullata* (D.C.) a eutrophic indicator. Index of oligotrophy (IO) is a quotient of oligotrophic and eutrophic indicator species numbers. The state of Estonian lakes appeared to be the most oligotrophic in the 1960s and the most eutrophic in the 1980s. Higher trophic level in the 1950s might have been caused by flax retting in the lakes. A decrease in the trophic level started in the last years, probably due to abundant precipitation (which ended in 1991) and due to a fall in agricultural production. The present state of Estonian small lakes is not good, but a tendency toward improvement is obvious.



Joonis 2.2 Fütoplanktoni sisalduse dünaamika

Figure 2.2 Some changes in the phytoplankton during the last decades



**Joonis 2.3** Zooplanktoni sisalduse dünaamika

**Figure 2.3** Some changes in the zooplankton during the last decades

## 2.2 Võrtsjärv

Koostas J. Haberman

Pidevalt ja komplekselt uuritud alates 1964. Suur ja madal järv (270 km<sup>2</sup>, keskmine sügavus 2,8 m, suurim sügavus 6,0 m, veevahetus üks kord aastas) tugevalt eutroofne (joonis 2.1). Aastane veetaseme kõikumine keskmiselt 140 cm; madalama veega on ka troofsustase kõrgem. Toitelementide sisaldus vees on kõrge: üldlämmastikku 1,4–5,8, üldfosforit 0,02–0,14 mg/l. Vee õitsemine on tavaline nähtus. Jää all esineb vahel hapnikupuudust. Madaluse tõttu ulatub lainetus põhjani ja vees on palju detriiti (57 % biosestonist); keskmine sestoni hulk aprillist novembrini on 15.1 mg/l, vee läbipaistvus alati alla 1 m. Vesi on suure puhverduisvõimega, pH keskmiselt 8,2. Umbes 2/3 põhjast katab mudakiht, mis lasub järvelubjal; mõlemaid kokku on järves 360 miljon m<sup>3</sup>. Järve kasutatakse kalapüügiks, kastmiseks ja puhkamiseks.

Võrtsjärv paikneb tööstuskeskustest eemal. Valgala (3100 km<sup>2</sup>) kasutatakse peamiselt maaviljeluseks ja karjakasvatuseks, 36 % on metsa all. Viimase 25 aasta jooksul on maakasutuses toimunud järgmisi muutusi:

## 2.2 Lake Võrtsjärv

By J. Haberman

Regular and complex studies of the lake have been carried out since 1964. Lake Võrtsjärv (figure 2.1) is large (270 km<sup>2</sup>) and shallow (average depth 2.8 m, maximum depth 6.0 m), strongly eutrophic. The retention time of the lake is one year. The annual amplitude of the fluctuation of water level is on the average 140 cm. The low water level is resulting also in the rise of trophic level. The amount of nutrients is great: total N - 1.4–5.8, total P - 0.02–0.14 mg/l. Water blooms are an ordinary phenomenon. Oxygen deficit may sometimes occur under the ice cover. Water is rich in detritus (57 % of total bioseston, average seston from April to November is 15.1 mg/l) due to the shallowness of the lake and the upwashing of sediments from the bottom by waves; transparency does not exceed 1 m. The buffer capacity is great, average pH is 8.2. About 2/3 of the lake bottom is covered with mud lying on marl. The total amount of mud and marl in the lake is 360 million m<sup>3</sup>. The lake is used for fishing, irrigation and recreation.

1. poldrite kasutuselevõtt 1970-dail aastail, 2. suvilate rohkenemine, 3. looduslike rohumaade järkjärguline kultuuristamine.

Järve praegust seisundit mõjustavad kõige enam puudulikult puhastatud või puhastamata reoveed ning väetiste liigne kasutamine.

Fütoplanktonit on palju (suvine biomass 7,9–57,6 g/m<sup>3</sup>, aastakeskimine esmasproduksioon on 9800 kJ/m<sup>2</sup>). ülekaalus on suured (> 40 µm) niitjad vetikad (*Lyngbya limnetica*, *Oscillatoria redekei*, *Melosira islandica subsp. helvetica*), zooplankterid neid ei söö ja tarbivad seepärast vaid 2–3 % esmasproduksioonist. Ülejäänud 97–98 % fütoplanktonist settib põhja ja läheb ainult osaliselt, bakterite kaudu toiduahelas edasi. Ökosüsteemis valdab detriidiringe.

Zooplanktoni biomass (suvel 1–2 g/m<sup>3</sup>) ja produktsioon (aastas keskmiselt 110 kJ/m<sup>2</sup>) on madalad, sest ülekaalus on pisemad loomad, tugevasti eutrofeerunud järvedele iseloomulikud *Chydorus sphaericus*, *Bosmina c. coregoni*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, *Anuraeopsis fissa*, *Polyarthra luminosa*, *Mesocyclops*, rohke detriit vees võib nende filteraparaati ummistada ning suurem osa vetikaist on neile mittesöödavad.

Bakterite üldarv vees kõigub 0.9–16.0 miljoni raku vahel ml-s, biomass 0,46–2,14 g/m<sup>3</sup>, aastane produktsioon 800–1500 kJ/m<sup>2</sup>. Avavee sanitaarne seisund on üsna hea, koli-tiiter üle 100.

Põhjaloostik on üsna napp ja kalade tugeva surve all, sest umbes 80 % kaladest on bentosetoidulised. Makrozoobentose aastakeskmise arvukus on olnud 868 ind./m<sup>2</sup>, biomass 5,5 g/m<sup>3</sup>, produktsioon 98 kJ/m<sup>2</sup>, maksimum igal 11 aastal. Hironomiidi vastseid on biomassist umbes 84 %, sealhulgas, *Chironomus plumosus* umbes 70 %. Väheharjasusse on umbes 7 %. Rändkarp (*Dreissena polymorpha*) on praegu sogase vee tõttu taandumas.

Kuna toiduvarud (zooplankton ja põhjaloomad) on nappid, on ka kalatoodang üsna madal. Aastane väljapüük ulatub harva üle 400 tonni ehk 15 kg/ha. Kalade aastane bioloogiline produktsioon on 5,4 kJ/m<sup>2</sup>. Viimase kahe aastakümne vältel on kalandus käinud tõusuteed, seda peenkalapüügi lakkamise ja angerjate sisse-laskmise tagajärjel. Endises kiisajärves on nüüd ülekaalus latikas, koha, haug ja angerjas.

The lake is situated far from industrial centres. Its catchment area (3100 km<sup>2</sup>) is mainly used for agriculture and cattle breeding, 36 % of it is covered by forests. During the last 25 years the following changes in the land use in the catchment area have occurred: polders were taken into use in the 1970s; more cottages were built; many natural grasslands were cultivated.

The most important factors affecting the present state of the lake is the insufficiently purified or non-purified waste water, on the one hand, and the excessive use of fertilizers in agriculture, on the other hand.

The amount of phytoplankton in Lake Võrtsjärv is huge (summer biomass 7.9–57.6 g/m<sup>3</sup>, average annual primary production 9800 kJ/m<sup>2</sup>). However, since large (> 40 µm) filamentous algae (*Lyngbya limnetica*, *Oscillatoria redekei*, *Melosira islandica subsp. helvetica*) which are inedible for the zooplankton, are predominant, the zooplankton consumes only 2–3 % of the phytoplankton production. 97–98 % of the amount of phytoplankton is deposited on the bottom; a part of the phytoplankton enters the food chain through bacteria. The zooplankton of Lake Võrtsjärv feeds mainly on bacteria and detritus. The ecosystem is dominated by the detritus circle.

The biomass (1–2 g/m<sup>3</sup> in summer) and the production (annual average 110 kJ/m<sup>2</sup>) of the zooplankton are low because small species are predominant (*Chydorus sphaericus*, *Bosmina c. coregoni*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, *Anuraeopsis fissa*, *Polyarthra luminosa*, *Mesocyclops*, which are characteristic of strongly eutrophic lakes). The high concentration of detritus in the water may clog up the filter apparatus, and most of the algae are inedible for the zooplankton.

The total number of bacteria fluctuates between 0.9–16.0 million cells/ml, biomass between 0.46–2.14 g/m<sup>3</sup>, the annual production between 800–1500 kJ/m<sup>2</sup>. The sanitary state of the pelagial water is relatively good, the coli titer is over 100.

The amount of benthos in Lake Võrtsjärv is relatively small and threatened by benthophagous fish (approx. 80 % of all the fish). The mean annual population density of macrozoobenthos has been 868 ind./m<sup>2</sup>, their biomass 5.5 g/m<sup>3</sup>, the average production 98 kJ/m<sup>2</sup> with a maximum in every 11th year. Chironomidae constitute about 84 % of the biomass of the benthos, (about 70 % of it being *Chironomus plumosus*). Oligochaeta give only about 7 % of the benthos biomass. Owing to the turbid water the *Dreissena polymorpha* is once again disappearing from the lake.

## 2.3 Narva veehoidla

Koostasid P. Nõges ja A. Tuvikene

Narva veehoidla (*joonis 2.1*) rajati 1956.aastal Narva jõele. Selle saarterikka veekogu pindala on 191 km<sup>2</sup>, maksimaalne sügavus 15 m, keskmine sügavus 1,8 m ja maht 0,36 km<sup>3</sup>. Veehoidla valgala suurus on umbes 55900 km<sup>2</sup> ja keskmiselt vahetub vesi 10–11 päevaga. 2/3 pindalast moodustavad üleujutatud metsad ja võsa. Kaldad on madalad ja soised. Tugev reostus tuleb kahest suurest soojuselektrijaamast - toitaineid vihma-veega tuhaväljadelt ja õlireostus jahutusveega.

80–90 % pindalast on kaetud makrofütidega, eriti aga veesiseste taimedega. Konkurentsi tõttu makrofütidega toitainete pärast on fütoplankton väheldane, selle biomass võib suvel ulatuda 1–3 g/m<sup>3</sup>. Zooplankton on samuti vaene, biomassiga alla 0,1 g/m<sup>3</sup>. Makrozoobentos on küllaltki rikkalik. Isegi 1981 aasta juunis, pärast enamuse putukavastsete kadumist, oli keskmine biomass 42 g/m<sup>2</sup>, kusjuures tigu *Viviparus* moodustas rohkem kui poole sellest.

Veehoidla kuulub ahvena-särje tüüpi veekogude hulka. Enamuse kalade biomassist moodustavad bentostoidulised kalad (latikas, särk, linask). Haugi ja ahvena arvukus on samuti kõrge. Statistiliste andmete alusel on veehoidla kalaproduktiivsus kuni 2,3 kg/ha aastas. Töenduslik kalapüük sellel veehoidlal on küllaltki komplitseeritud, kuna põhi on jäetud puudest ja põõsastest puhastamata.

## 2.4 Peipsi järv

Koostas T. Timm

Seda suurt kolmeosalist järve (*joonis 2.1*; 3558 km<sup>2</sup>, 25,1 km<sup>3</sup>) on Zooloogia ja Botaanika Instituudi poolt uuritud alates 1962. aastast. Aastail 1964–1993 on toimunud iga-aastane hüdrobioloogiline seire, 1980-dail aastail uuriti põhjalikumalt bioloogilist produktiivsust ja troofsus seisundit.

Järv on praegu eutroofne, kuid oli veel 1960-dail aastail osaliselt mesotroofne. Troofsustase tõuseb lõuna suunas, kus paiknevad peamised sissevoolud (*joonis 2.4*).

Bakterite üldarv vees oli 1980-dail aastail põhjaosas (Suurjärves) 2,4 miljonit rakku ml-s ja lõunaosas (Pihkva järves) 4,6 miljonit, seega 1,5–2 korda rohkem kui 1960-dail aastail. Fütoplanktoni biomass näitab pikaajalist langustendentsi, sest kasvab väiksemate

Food reserves (zooplankton, benthos) in the lake are scanty and fish productivity is therefore quite low. The total annual catch has rarely exceeded 400 tons, or 15 kg/ha respectively. The fish production is 5.4 kJ/m<sup>2</sup>. During the last two decades the state of fishery has constantly improved due to the prohibition of fine-meshed trawl catch and the introduction of the eel. If ruff was formerly the predominant fish in the lake, it is now bream, pike-perch, pike and eel.

## 2.3 Narva Reservoir

By P. Nõges and A. Tuvikene

Narva Reservoir (*figure 2.1*) was established in 1956 on the Narva River. The area of the water body is rich in islands and amounts to 191 km<sup>2</sup>. The maximum depth is 15 m, the mean depth 1.8 m and the volume 0.36 km<sup>3</sup>. The catchment area of Narva reservoir is about 55900 km<sup>2</sup> and the average retention time of water 10–11 days. 2/3 of the area is formed by overflowed forests and bushlands. Shores are flat and swampy. There are two major sources of pollution - two large thermal power plants. Nutrients from the ashfields of these plants are carried along with flood waters and oil pollution with the cooling water.

80–90 % of the total area is covered with aquatic, especially submerged macrophytes. As they have to compete with the macrophytes for the nutrients, the amount of phytoplankton is very small, reaching a biomass of only 1–3 g/m<sup>3</sup> in summer. Also the zooplankton is poorly represented, having a biomass below 0.1 g/m<sup>3</sup>. Macrozoobenthos is abundant: in June 1981, after most insect larvae had emerged, the average biomass was still 42 g/m<sup>2</sup>, the snail *Viviparus* forming more than a half of it.

The reservoir belongs to the type of perch-roach water bodies. Most of the biomass is formed by benthos-feeding fish (bream, roach, tench). Pike and perch are abundant too. According to statistics, fish productivity in the lake amounts to 2.3 kg/ha per year). Commercial fishing in the reservoir is complicated as the bottom has not been cleaned of trees and bushes.

## 2.4. Lake Peipsi

By T. Timm

The large (*figure 2.1*; 3558 km<sup>2</sup>, 25.1 km<sup>3</sup>) tripartite lake was studied by the Institute of Zoology and Botany

vetikate osatähtsus. 1980-dail aastail oli põhjaosas vetikate biomass (toorkaalus)  $5,7 \text{ g/m}^3$  ja lõunaosas  $13,5 \text{ g/m}^3$ . Mõnedel suvedel täheldati vee õitsemist ja isegi õist ummuksilejäämist. Zooplankton on samuti kahanenud, biomass kuni  $2 \text{ g/m}^3$ , domineerima on hakanud väiksemad loomad, eriti keriloomad. 1985–1986.a. vegetatsiooniperioodil oli põhjaosas pelagiaalis fütoplanktonil produktsioon  $8519 \text{ kJ/m}^2$ , bakteriplanktonil  $1588 \text{ kJ/m}^2$ , filtreerival zooplanktonil  $862 \text{ km}^2$  ja röövtoidulisel zooplanktonil  $67 \text{ kJ/m}^2$ .

Suurtaimestik, mis katab 2,5 % järve pindalast, oli 1980-dail aastail tihedam ja niitvetikaid pealkasvuna palju rohkem kui 1960-dail.

Põhjaloostiku suvine biomass (ilma suurte karpidega) oli 1964–1989.a. toorkaalus  $12,5 \text{ g/m}^2$ , 1984. ja 1985.a. oli aastane produktsioon vastavalt 111 ja  $53 \text{ kJ/m}^2$ . Hironomiidivastsed moodustasid sellest 70 %. Rändkarpide (*Dreissena polymorpha*) biomass oli 1964–1984a. keskmiselt  $228 \text{ g/m}^2$  toorkaalus. Nad võivad järve mahuga võrdse veekoguse seitse korda aastas läbi filtreerida.

See on tindi- ja latikajärv kalade massiga 40 000–50 000 t, millest aastas püütakse välja 9 000–12 000 tonni ehk 25–35 kg/ha (joonis 2.5).

## 2.5 Ülemiste järv

Koostasid R. Laugaste ja S. Lökk

Ülemiste asetseb Tallinna kagupiiril. Pindala on 985 ha, suurim sügavus on 7 m, keskmine sügavus 3.4 m; esialgne valgala oli 99 km<sup>2</sup>, veevahetus 2.7 korda aastas. 630 ha põhjapindalast on kaetud 8 m paksuse mudasettega. Järvest võetakse Tallinna linna jaoks joogi- ja tarbevett intensiivsusega  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $250\,000 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ ). Selle kompenseerimiseks on ehitatud terve kanalite, jõgede ja veehoidlate süsteem. Valgala suurenemine 1800 km<sup>2</sup>-ni on endaga kaasa toonud järvevee rikastumise toitesoolade ja orgaaniliste ainetega. Vee läbipaistvus on suvel 0,35–1,0 m, värvus rohekas-kollane.

Bioloogilised andmed. (1990.a. juuli). Bakterite üldarv oli 2–3  $10^6$  rakku/ml, saprobakterite arv 200–300 rakku/ml. BHT<sub>5</sub> (3,7 mg O/l) oli eutroofselt tasemel. Fütoplanktoni biomass oli erakordselt kõrge 1975.a. juulis -  $304 \text{ g/m}^3$ , mil domineerisid suured sinivetikate (*Microcystis*, *Cyanodictyon*) kolooniad. 1990.a. suvel olid valdavad mõnevõrra väiksemad niitjad sinivetikad *Lyngbya limnetica* ja *Oscillatoria agardhii* (biomass ligikaudu  $40 \text{ g/m}^3$ , klorofüll a sisaldus

since 1962. In 1964–1993, a yearly hydrobiological monitoring has been run, and in 1980s an extended study of the biological productivity and trophic state was carried out.

The lake is completely eutrophic now, having been partially mesotrophic in the 1960s. The trophic level increases towards the south, where the main flows come in the lake (figure 2.4).

The total amount of bacteria in the water was 2.4 million cells per ml in the northern and 4.6 million in the southern part, i.e. 1.5–2 times more than in the 1960s. The biomass of phytoplankton shows a long-term tendency of decreasing, due to the dominance of smaller algae. A mean biomass of  $5.7 \text{ g/m}^3$  (wet weight) was measured in the northern part of the lake in the 1980s, and  $13.5 \text{ g/m}^3$  in the southern part. Waterblooms and even night stagnation occurred in some summers. The zooplankton biomass decreased to about  $2 \text{ g/m}^3$ , due to the dominance of smaller animals, especially rotifers. The values of production per vegetative period in the pelagial of the northern part in 1985–1986 were as follows: phytoplankton  $8519 \text{ kJ/m}^2$ , bacterioplankton  $1588 \text{ kJ/m}^2$ , filtrative zooplankton  $862 \text{ km}^2$  and predatory zooplankton  $67 \text{ kJ/m}^2$ .

The stands of macrophytes (2.5 % of the lake area) have become more dense in 1980s and the filamentous algae more abundant than in the 1960s.

The mean summer biomass of the zoobenthos (without large mussels) during 1964–1989 was  $12.5 \text{ g/m}^2$  (wet weight). Its annual production, as measured in 1984 and in 1985, was 111 and  $53 \text{ kJ/m}^2$ , respectively (chironomid larvae forming 70 % of it). The zebra mussel *Dreissena polymorpha* revealed an average biomass of  $228 \text{ g/m}^2$  (wet weight) during 1964–1989. It can filtrate yearly times the water volume of the lake.

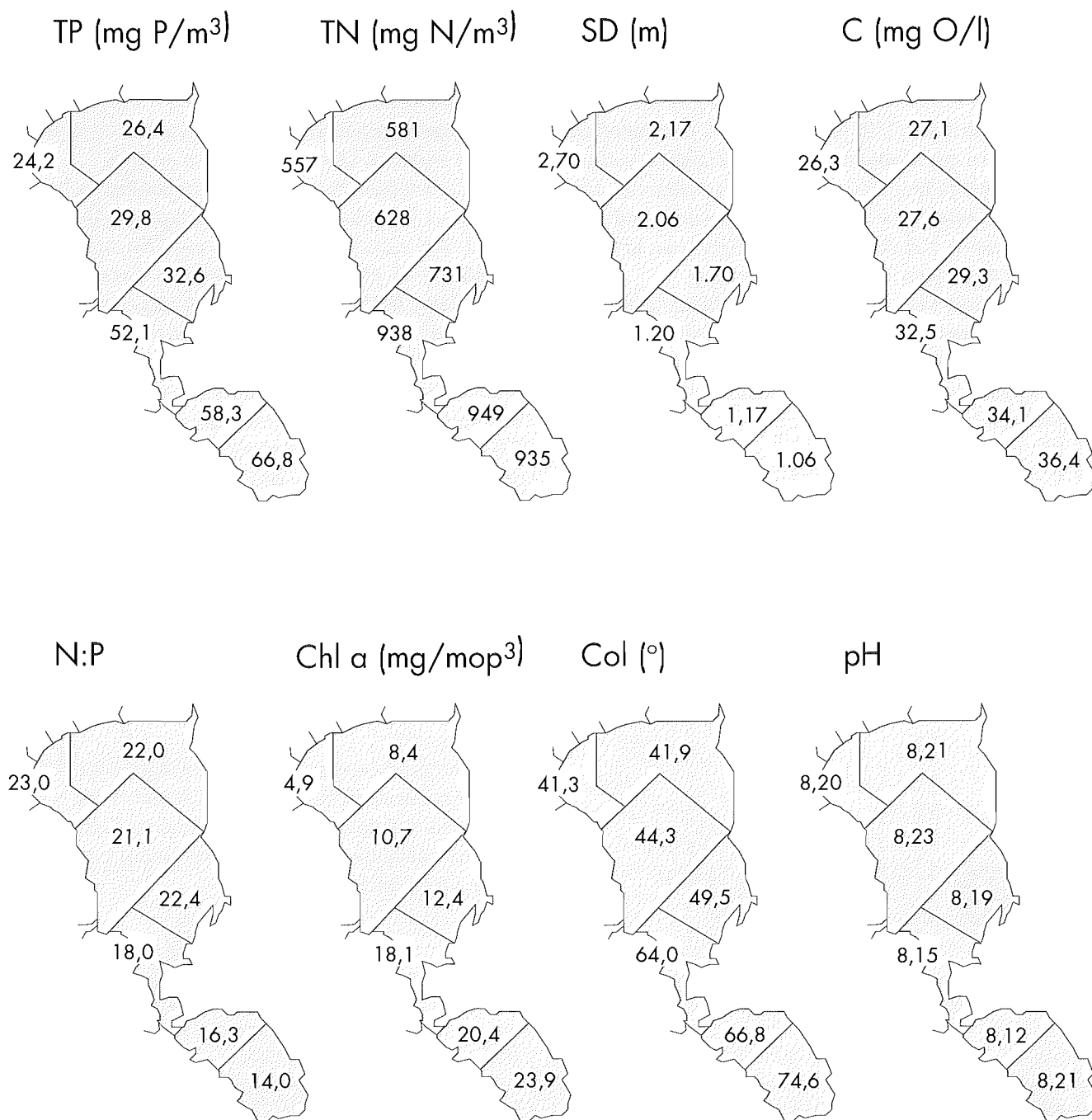
This smelt-bream lake reveals an ichthyomass of 40,000–50,000 t, and an annual catch of 9,000–12,000 tons (25–35 kg/ha) (figure 2.5).

## 2.5 Lake Ülemiste

By R. Laugaste and S. Lökk

Lake Ülemiste is located on the south-eastern border of Tallinn. Its area is 985 ha, maximum depth 7 m, mean depth 3.4 m, primary drainage area 99 km<sup>2</sup>, water exchange 2.7 times/year. 630 ha of its bottom is covered with a 8 m thick layer of mud sediments. Its water is consumed for supplying Tallinn with water with an intensity of  $3 \text{ m}^3/\text{sec}$  ( $250,000 \text{ m}^3/\text{day}$ ). To





**Joonis 2.4** Peipsi järve troofsus seisund; üldfosfori (TP, mg P/m<sup>3</sup>), üldlämmastiku (TN, mg N/m<sup>3</sup>), lämmastiku ja fosfori suhte (N:P), klorofüll a (Chl a, mg/mop<sup>3</sup>), läbipaistvuse (SD, m), dikromaatsuse oksüdeeritavuse (C, mg O/l), värvuse (Col, °) ja pH jaotumus Peipsi järve eri osades (Lindpere jt. 1991 järgi, Eesti TA Toim. Ökol. 1:90)

**Figure 2.4** Regional distribution of the mean values of total phosphorus (TP, mg P/m<sup>3</sup>), total nitrogen (TN, mg N/m<sup>3</sup>), N:P ratio, chlorophyll a (Chl a, mg/mop<sup>3</sup>), transparency (SD, m), dichromate oxidizability (C, mg O/l), colour (Col, °), and pH of water in Lake Peipsi (after Lindpere et al. 1991, Proc. Estonian Acad. Sci. Ecol. 1:90)

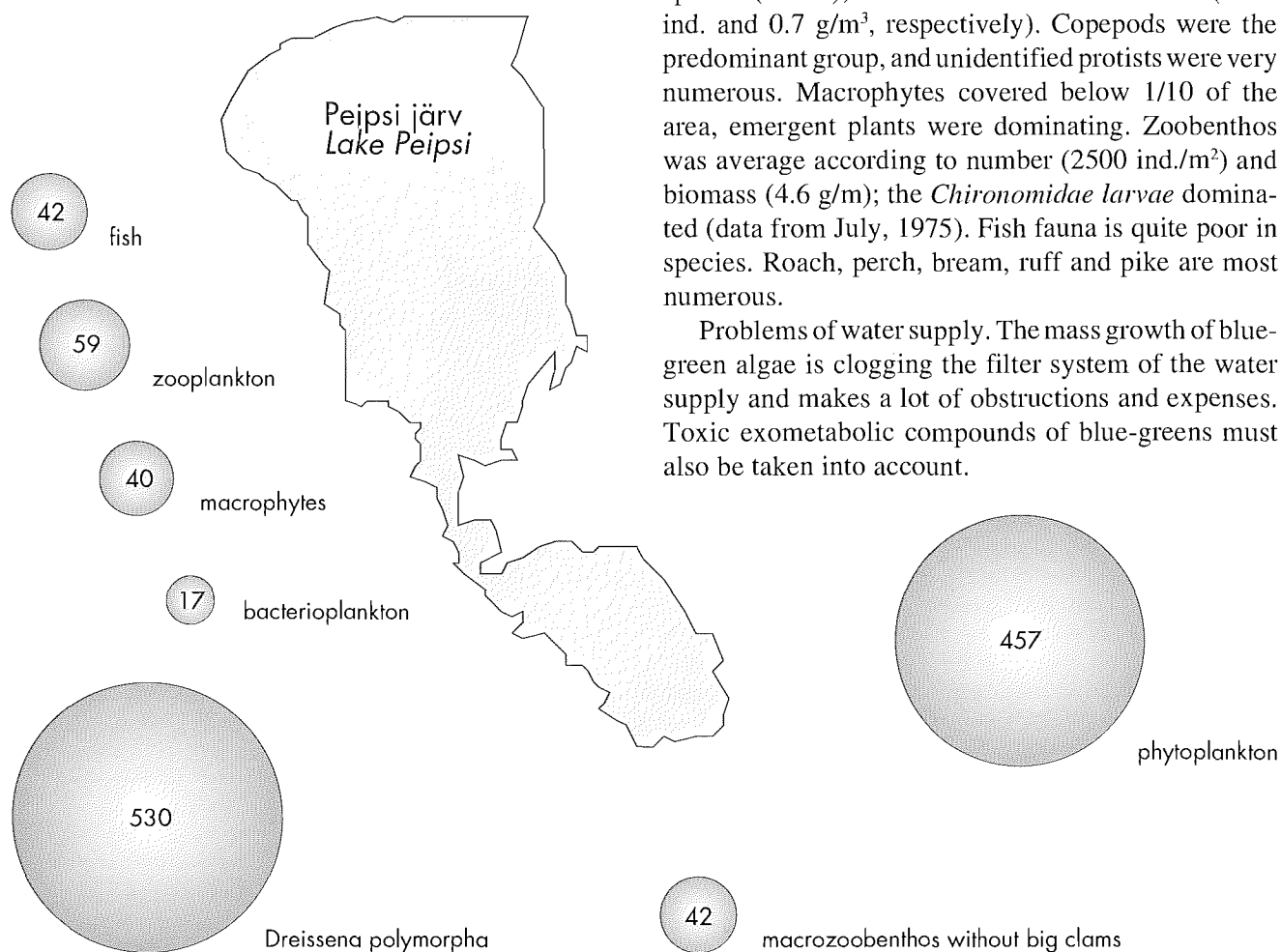
27,8 mg/m<sup>3</sup>). Zooplankton oli erakordselt liigivaene (6 taksonit), arvukus väike ja biomass madal (vastavalt 6800 is. ja 0,7 g/m<sup>3</sup>). Domineeriv rühm oli aerjalalised; väga rvukalt esines identifitseerimata algloomi. Suurtaimestik kattis alla 1/10 järve pindalast, domineerisid kaldaveetaimed. Zoobentos oli keskmise arvukuse (2500 is./m<sup>2</sup>) ja biomassiga (4,6 g/m<sup>2</sup>); valdavad olid sursäasklaste *Chironomidae* vastsed (andmed 1975.a.juulist). Kalafauna on üsna liigivaene; arvukamad on särg, ahven, latikas, kiisk ja haug.

Probleemid veevarustusega. Massiliselt arenevad sinivetikad ummistavad veevärgi filtersüsteemi ja põhjustavad rohkesti tüli ning kulutusi. Tuleb arvesse võtta ka võimalikku mürgiste jääkide tekkimist sinivetikate lagunemisel.

compensate this intensive consumption, a system of channels, rivers and reservoirs has been built. An increase in the drainage area up to 1800 km<sup>2</sup> has brought about an enrichment of the lake with nutrients and organic compounds. Water transparency is 0.35-1.0 m in summer, colour is greenish-yellow.

Biological data, June, 1990. Total number of bacteria was 2-3 10<sup>6</sup> cells/ml, number of saprophytic bacteria 200-300 cells/ml. BOD<sub>5</sub> (3.7 mg O/l) was on the eutrophic level. Phytoplankton biomass was especially high in July, 1975 - 304 g/m<sup>3</sup>, when large colonies of blue-greens (*Microcystis*, *Cyanodictyon*) dominated. The smaller filamentous forms, blue-greens *Lyngbya limnetica* and *Oscillatoria agardhii* were abundant in 1990 (biomass about 40 g/m<sup>3</sup>, chlorophyll a content 27.8 mg/m<sup>3</sup>). Zooplankton was extraordinary poor with species (6 taxa), biomass and number were low (6800 ind. and 0.7 g/m<sup>3</sup>, respectively). Copepods were the predominant group, and unidentified protists were very numerous. Macrophytes covered below 1/10 of the area, emergent plants were dominating. Zoobenthos was average according to number (2500 ind./m<sup>2</sup>) and biomass (4.6 g/m<sup>2</sup>); the *Chironomidae* larvae dominated (data from July, 1975). Fish fauna is quite poor in species. Roach, perch, bream, ruff and pike are most numerous.

Problems of water supply. The mass growth of blue-green algae is clogging the filter system of the water supply and makes a lot of obstructions and expenses. Toxic exometabolic compounds of blue-greens must also be taken into account.



**Joonis 2.5** Peipsi järve bioressurss suvel

**Figure 2.5** Biological resources of Lake Peipsi in summer (wet weight, 1000 tons)  
(after Timm 1990, Proc. Estonian Acad. sci. Biol. 39:51).

### 3. Veekogude reguleerimine

Koostas K. Pachel

Paljud Eesti veekogud on vähemal või suuremal määral reguleeritud.

Liigniiskete maade kuivendamise eesmärgil on paljud jõed süvendatud ja õgvendatud, järvede veetaset alandatud. Käesoleval ajal on Eestis kuivendatud maid 730 tuhat ha, sellest 683,4 tuhat ha drenaažkuivendust.

Eestis oli 1920.aastail üle 600 vesiveski. Tänapäevaks on teada 387 paisjärve, millest on korras 53 (14 %) /13/. Veskipaisjärvad olid enamasti väikese reguleeriva mahuga, väheste mõjuga äravoolule.

Suurtootmine on koondunud Põhja- ja Kirde-Eestisse, kus veevajaduse katmine eeldab vee ümberjaotamist. Veevajaduse katmiseks on rajatud mitmeid pinnaveehaardesüsteeme.

Tallinn on oma vee saanud **Ülemiste järvest** 14. sajandist alates. 1922.aastal ühendati järvega Pirita jõgi. Ühenduskanalit rekonstrueeriti aastatel 1959/60 ja 1969/70. 1960.a. ehitati Paunküla veehoidla, 1971.a. rajati Vaskjala pais, 1975.a. ehitati kanalid Jägala jõest ja Pärnu jõe ülemjooksult. 1983-1984. a. rajati veehaardesüsteem Soodla veehoidla - Jägala jõgi - Kaunissaare veehoidla - Jõelähtme jõgi - Pirita jõgi (*joonis 3.1*). See pinnaveehaardesüsteem (valgala alla 1900 km<sup>2</sup>) kindlustab Tallinnale väga veevaesl (95 %) aastal 91,7 mln m<sup>3</sup> ehk 250 tuhat m<sup>3</sup> pinnavett ööpäevas. Keskmise veerohkusega aastal piisab olemasolevast süsteemist Tallinna varustamiseks veega. Veevaesl aastal tekib veepuudus. Veehaardesüsteemi valgala laienemisega on halvenenud toorvee kvaliteet, mis raskendab tema puhastamist.

**Maardu (Liivakandi)** järve vett kasutati fosforiiditööstuse veevarustuseks 1939.aastast 1992. aastani. 1964.aastast on võimalus järve täiendamiseks Jõelähtme jõe veega. Väljavool järvest on Kroodi oja kaudu Muuga lahte. Järve pindala on 170 ha ja maht 3,3 mln m<sup>3</sup>. Järve vee kvaliteet on halb mahajäetud fosforiidi-kaevandusest tuleva sulfaatide, radioaktiivsete ainete, raskmetallide jm. sisalduse tõttu.

Narva hüdroelektrijaama tarbeks rajati 1956.a. **Narva veehoidla**. Paisutuse tagajärjel on muutunud Narva jõe looduslik äravool allpool paisu. Jõe sanitaarsele seisundile oluline suurveevall on ära lõigatud, äravool ühtlustunud. Veehoidla täitumise ajal on vooluhulk allpool paisu nullilähedane. Paisutuse mõju ülalpool veehoidlat ulatub Omuti karestikeni (jõe 58. kilomeetrit). Vead veehoidla rajamisel on põhjustanud turba- saarte pinnalekerkimise. Veehoidla vesi on Kulgu hüd-

### 3. Regulation of water bodies

By K.Pachel

Many Estonian water bodies are regulated at least to some extent.

To drain wet lands, many rivers have been dredged or cut. Water level of many lakes has been sunk. At present, there are 730,000 ha of drained land in Estonia; 683,400 of it by means of subsurface drainage.

There were over 600 water mills in Estonia in 1920. At present, 387 barrage lakes are known, 53 of them or 14 % still functioning /13/. Water mill lakes were usually of a small regulating volume and did not influence runoff much.

All major industries are concentrated in North and North-East Estonia, where water supplies have been redivided in order to meet the needs of industry. Several surface water intake systems have been established for the same purpose.

Tallinn has got its water from **Lake Ülemiste** from the 14th century. In 1922, the Pirita River was united with the lake. The connecting channel was reconstructed from 1959 to 1960 and from 1969 to 1970. In 1960, Paunküla water reservoir and in 1971, Vaskjala dam, were built. Channels from the Jägala River and the upper reaches of the Pärnu river were completed in 1975. Between 1983 and 1984, the water intake system comprising Soodla reservoir, the Jägala, Kaunissaare reservoir, the Jõelähtme, and the Pirita (*figure 3.1*) was built. This surface water intake system with a catchment area of < 1900 km<sup>2</sup> guarantees 91.7 million m<sup>3</sup> (or 250,000 m<sup>3</sup> per day) of surface water to the inhabitants of Tallinn in an arid year (95 % confidence level). In a normal year, the system is capable of supplying Tallinn with water, but problems may arise in an arid year. As the catchment area of the intake has increased, the quality of raw water has deteriorated.

Water of **Lake Maardu (Liivakandi)** was used for supplying phosphorite industry from 1939 to 1992. From 1964, it has been possible to complement the lake with the waters of the Jõelähtme River. Outflow from the lake occurs via Kroodi brook into Muuga Bay. The area of the lake is 170 ha and the volume 3.3 million m<sup>3</sup>. The quality of the water of the lake is poor because of high concentrations of sulphates, radio-active matter, heavy metals which get in the lake from the abandoned phosphorite mine.

To supply Narva Hydro-Power Plant, **Narva reservoir** was constructed in 1956. Due to damming, the natural runoff below the dam has changed. The flood,

rotuhahoidlast ja Slantsõ Põlevkivikombinaadist tulevate fenoolide mõju all.

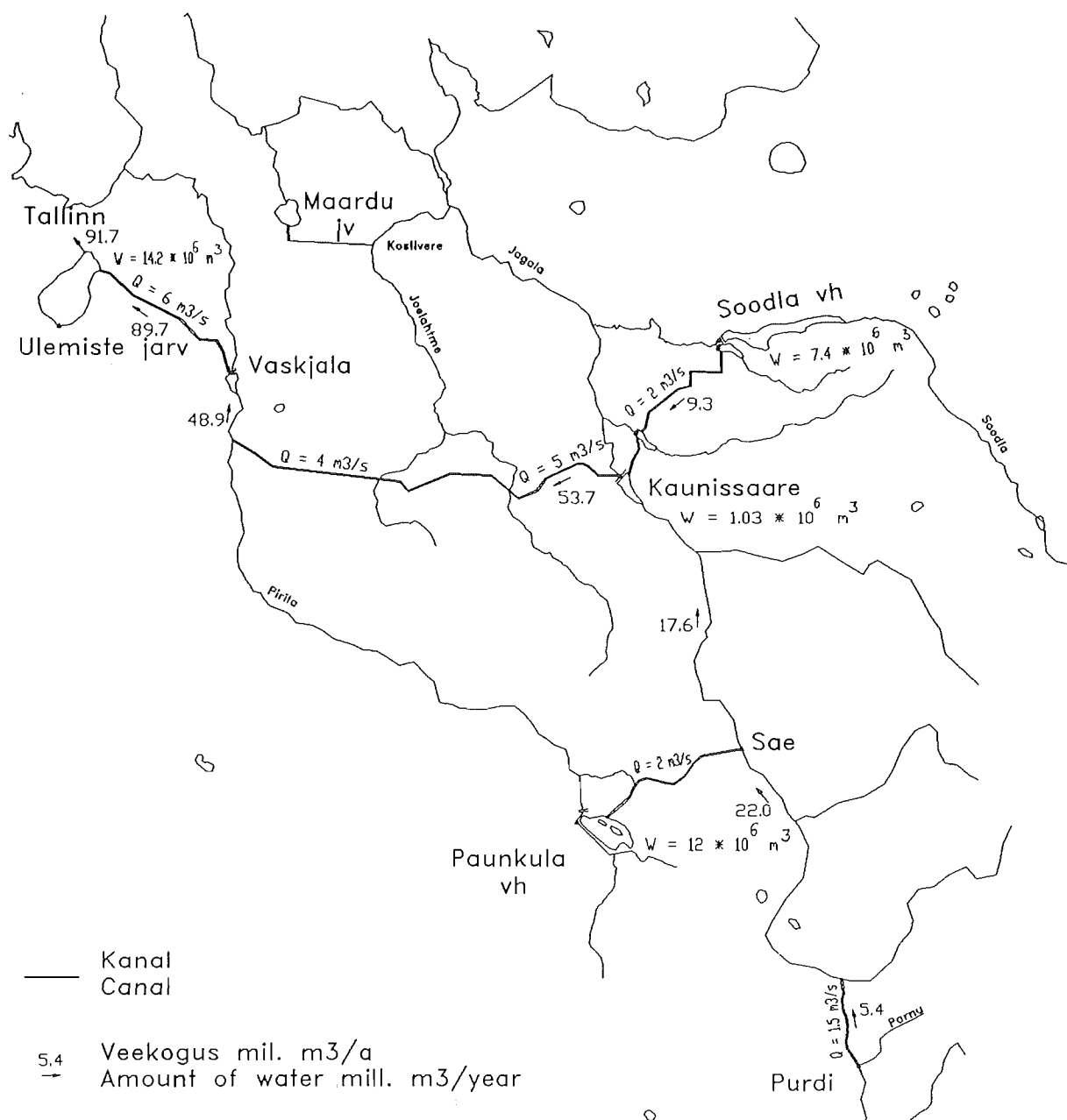
**Kurtna järvestikku** kuulub 36 järve, mille üldpindala on 3,4 km<sup>2</sup>. Järvedest suurim on Konsu järv, kust piirkonna tööstuse tehnoloogiliseks veevarustuseks võetakse vett juba 1953.aastast. Konsu järve valgala on 27 km<sup>2</sup>. 1959/60. a. ühendati järv Nõmme-, Särg- ja Ahvenjärvega, 1963.a. Kurtna järvega. 1970.a. rajati ja 1980.a. rekonstrueeriti Raudi kanal, mille kaudu Viru kaevanduse vesi juhitakse Konsu järve. Käesoleval ajal on järve valgala 120 km<sup>2</sup>. Järve juhitakse ka väike osa Estonia kaevanduse puhastatud kaevandusveest.

Seoses veevõtmisega Vasavere põhjaveehaardest (mõju all on Kuradi, Mardiska, Ahne järv jt.), põlevkivi kaevandamisega (Ahtme kaevandus), turba tootmisega, liiva kaevandamisega (Pannjärve karjäär), kuivenduskraavide rajamisega ja veehaaramisega Konsu järvest, alanesid järvede veepinnad 60–70-tel aastatel tugevasti. Vasavere veehaardele lähemal olevate järvede veetase langes 2 kuni 4 meetrit. Viimastel aastatel piirati veevõttu Vasavere veehaardest ning kaevandusala lähenemist Vasaverele. Tänapäevaseks on põhjaveerežiim tasakaalustunud ja veetaseme alanemine järvedes peatunud.

which is essential for the sanitary conditions of the river, has been leveled out and runoff is uniformed. When the reservoir is full, there is almost no runoff below the dam. The impact of the dam upstream reaches Omuti rapids on the 58th km of the river. Construction faults have caused the emerging of many peat islands in the reservoir. The water of the reservoir is influenced by Kulgu ash deposit and phenols from Slantsy Oil-Shale Combine (Russia).

**Kurtna lake system** is comprised of 36 lakes with the total area of 3.4 km<sup>2</sup>. The largest lake is Lake Konsu which has been used for supplying nearby industries with water since 1953. The catchment area of Lake Konsu is 27 km<sup>2</sup>. Between 1959 and 1960, the lake was connected with Lakes Nõmme, Särgjärv and Ahvenjärv, in 1963, with Lake Kurtna. Raudi channel which leads water from Viru mine to Lake Konsu, was built in 1970 and reconstructed in 1980. At present, the catchment area of the lake amounts to 120 km<sup>2</sup>. A small part of mining water from Estonia mines is also let in the lake.

The water levels of the lakes have sunk considerably because Vasavere ground water intake is operated, because of oil-shale mining in Ahtme mines, production of peat, mining of sand from Pannjärve open pitch, construction of drainage ditches and water intake from Lake Konsu. Water level of the lakes closest to Vasavere water intake has sunk between 2 and 4 meters. To delay these processes, water intake from Vasavere has been limited. By now, the ground water regime is balanced and sinking of water level has stopped.



**Joonis 3.1** Tallinna pinnaveehaardesüsteemi skeem  
**Figure 3.1** The Tallinn surface water supplying system

## 4. Pinnavee seire

Koostas M. Narusk

Eesti NSV-s tsentraliseerimise printsiibi tagajärjel oli kujunenud olukord, kus paljusid uuringuid ja vaatlusi tehti paralleelselt mitme asutuse poolt - ühelt poolt riiklikud asutused (pinnavesi ja meri - Hüdro-meteoroloogia Teenistus, põhjavesi - Geoloogia Valitsus) ning teiselt poolt kohalikke vajadusi arvestavad teadlaskollektiivid (meri- TA Mereinstituut, jõed - TPI sanitaartehnika laboratoorium (TTÜ vetekaitse laboratoorium), järved - TA Zooloogia ja Botaanika Instituut, põhjavesi - TA Geoloogia Instituut jt.). Lisaks neile tegid eriprogrammidega vaatlusi projekteerimisinstituudid jt. Koostöö üleliidulises alluvuses olevate asutuste ja kohalike teadusasutuste vahel oli nõrk, sest üleliidulist süsteemi ei saanud paindlikult kohandada kohalikele vajadustele.

**Jõgede veekvaliteedi seire** kooskõlla viimiseks rahvusvahelise tavaga, parallellismi kaotamiseks ja rahaliste vahendite kokkuhoiuks vaadati 1992. aasta algul läbi programmid ja proovivõtu lävendite asukohad. Tehtavate analüüside nimistusse võeti lisaks varasematele üldlämmastik, üldfosfor ning raskmetallid. Lävendid valiti selliselt, et oleks määratud:

- reoainete äravool tähtsamate jõgede kaudu merre või suurematesse järvedesse,
- fooni seisund ja muutused,
- hajureostuse suurus intensiivse põllumajanduse tagajärjel.

Endistel lävenditel, mis vastasid esitatud nõuetele, jätkati uurimisi. Jõgedel võetakse proove 55 lävendist, Narva veehoidlal kahest punktist ja Endla Looduskaitsealal peale jõgede veel kahest laukast.

Seire juhendamine usaldati TTÜ Keskkonnatehnika Instituudi Keskkonnakaitse aluste õppetooli laboratooriumile (end. TTÜ vetekaitse laboratoorium). Programmi täitjaks jäid Lõuna-Eesti keskkonnakaitse, Virumaa ja Pärnu keskkonnauuringute ja TTÜ laboratoorium (tabel 4.1, joonis 4.1).

## 4. Surface water monitoring

By M. Narusk

According to the former centralization principles the state monitoring system was operated from outside Estonia. This contradicted often with many studies of local researches and conducted to the wasteful parallelism. The State establishments and local research institutes were monitoring the same features in marine environment, surface waters or ground water. In addition to that, design institutes conducted varied applied research etc. Collaboration between the centralized establishments and the local research institutes was weak as the centralized system could not be adapted to the local needs.

**Water quality monitoring in rivers** in accordance with international norms, to abolish parallelism and economize money, all programs and locations of sampling stations were reviewed in 1992. In addition to the pollutants sampled before, total N, total P and heavy metals were added to the list. Measuring stations were chosen so that it would be possible to determine:

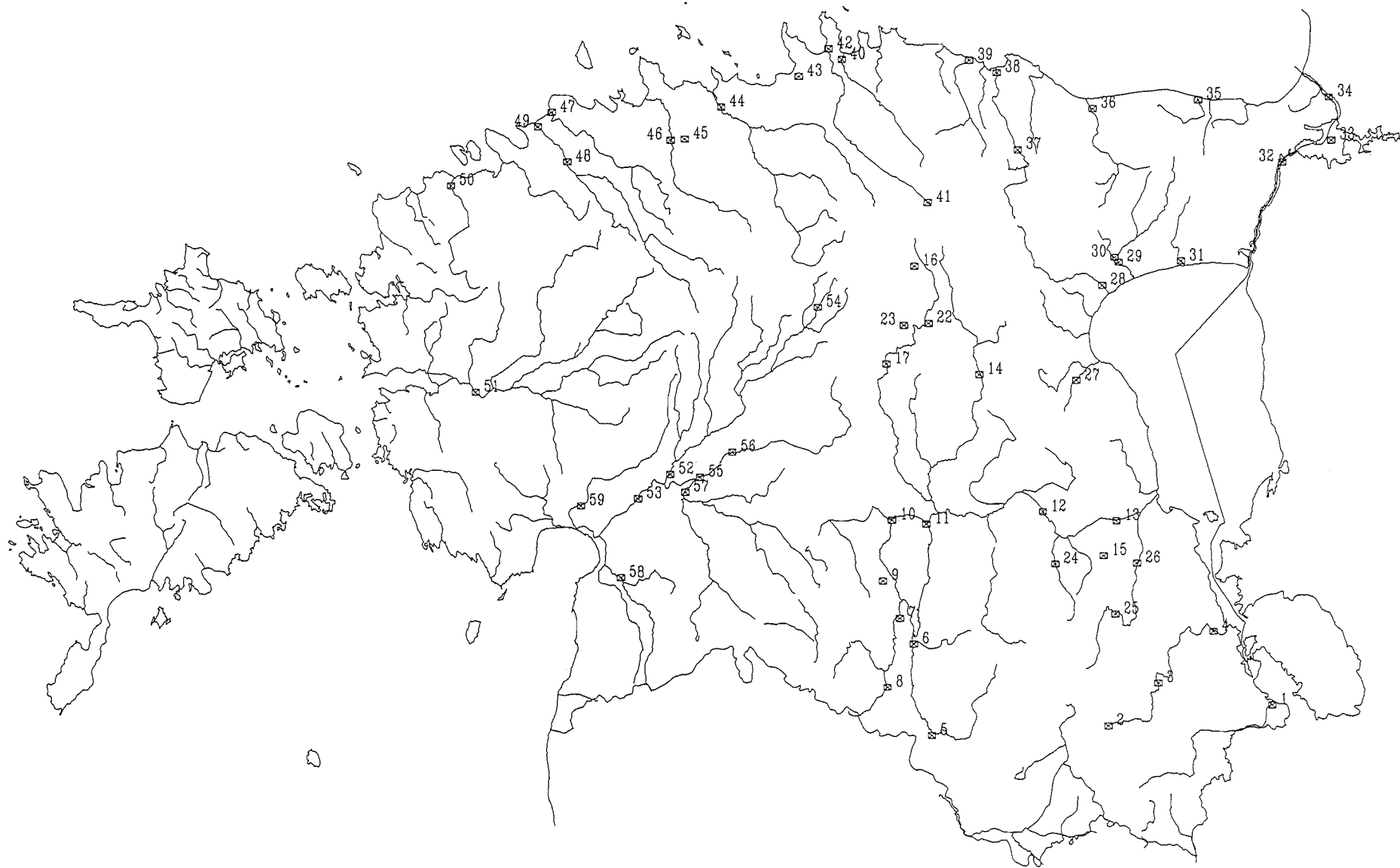
- runoff of pollutants via major rivers into the sea or into major lakes;
- the state of and changes in the background;
- the amount of non-point pollution resulting from intensive agriculture.

Those measuring stations which satisfied the aforementioned requirements are still used for monitoring. Sampling is conducted in 55 measuring stations on the rivers, in 2 locations in Narva reservoir, and in 2 pools in Endla nature reservoir.

The monitoring is led by the laboratory of the environment chair of the Environmental Institute of Tallinn Technical University. The program is carried out by the environmental laboratories of South Estonia, Virumaa, Pärnu and Tallinn Technical University (table 4.1, figure 4.1).

**Tabel 4.1** Pinnavee kvaliteedi seire lävendid 1993.a.  
**Table 4.1** Monitoring stations for water quality in rivers, 1993

Nr Jõgi River	Lävend Station	Kaugus suudmes Distance from the mouth km	Valgala Basin km <sup>2</sup>
1 Piusa	Värsk-Saatse mnt	16,0	733
2 Võhandu	Vagula väljavool	93,0	495
3 Võhandu	Himmiste hp	57,5	848
4 Võhandu	allp.Räpinat	6,0	1144
5 Väike Emajõgi	Tõlliste hp	35,7	1054
6 Väike Emajõgi	Pikasilla sild	1,1	1270
7 Öhne	allp.Suislepat	6,0	557
8 Öhne	üalp.Tõrvat, Roobe	38,0	266
9 Tarvastu	suue	0,5	108
10 Tännassilma	Oiu	0,5	454
11 Emajõgi	Rannu-Jõesuu hp	101,0	3374
12 Emajõgi	Kvissentali hp	45,2	7828
13 Emajõgi	Kavastu	16,0	8539
14 Pedja	Jõgeva sordijaam	71,0	665
15 Pedja	Tõrve hp	45,6	776
16 Preedi	Varangu hp	39,8	34,8
17 Põltsamaa	Rutikvere	64,5	861
18 Mustjõgi	Tulijärve hp	7,6	16,2
19 Mustjõgi	Tooma II hp	1,5	25,4
20 Männikjärve raba	laugas 212		
21 Linnusaare raba	laugas 226		
22 Linnusaare	Linnusaare hp	0,1	1,8
23 Oostriku	Oostriku end.hp	6,0	29,7
24 Porijõgi	Reola hp	12,6	241
25 Ahja	Kiidjärve	54,4	336
26 Ahja	Lääniste mnt	18,0	930
27 Kääpa	Kose paisj.väljavool	6,2	282
28 Avijõgi	Mulgi hp	4,6	366
29 Rannapungerja	Roostoja hp	13,4	313
30 Tagajõgi	üalp.Tudulinna	3,7	252
31 Alajõgi	Alajõe hp	3,5	140
32 Narva veehoidla	vertikaal 9		
33 Narva veehoidla	vertikaal 18		
34 Narva	allp. Narvat	7,0	56060
35 Pühajõgi	suue	1,0	196
36 Purtse	Tallinn-Narva mnt	1,0	810
37 Kunda	Lavi allikad	34,7	362
38 Kunda	suue	2,0	528
39 Selja	suue	2,0	410
40 Loobu	Vihasso	1,0	308
41 Valgejõgi	Porkuni	85,2	57,1
42 Valgejõgi	Loksa jalak.sild	1,0	453
43 Puditsoo	Puditsoo hp	3,0	132
44 Jägala	Linnamäe	1,0	1572
45 Leivajõgi	Pajupea hp	2,4	96
46 Vaskjala-Ülemiste kanal	Mõigu sild	1,5	28,7
47 Väana	suue	1,0	316
48 Keila	Keila hp	19,0	635
49 Keila	suue	1,0	682
50 Vihterpalu	Vihterpalu hp	2,4	474
51 Kasari	Kasari hp	17,5	2640
52 Pärnu	Tahkuse hp	41,6	2077
53 Pärnu	Oore hp	25,7	5154
54 Vodja	Vodja hp	7,7	52,0
55 Navesti	Aesoo hp	15,0	1008
56 Saariõgi	Kaansoo hp	0,8	191
57 Halliste	Riisa hp	5,5	1884
58 Reiu	allp.Lähkmat	17,0	548
59 Sauga	Nurme veski	10,6	546



**Joonis 4.1** Pinnavee kvaliteedi seire lävendid  
**Figure 4.1** Monitoring stations for water quality

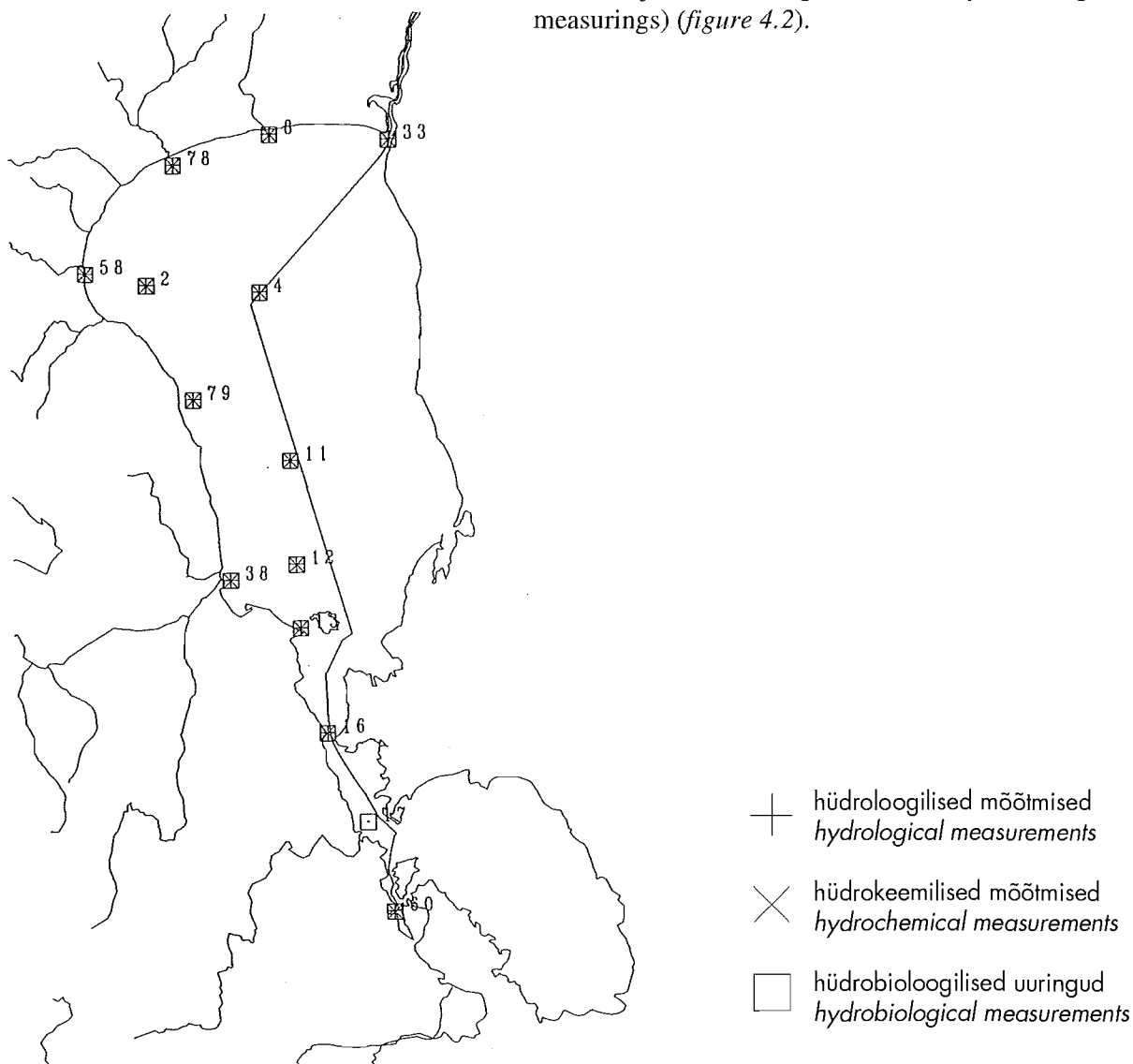


**Järvede seire** (v.a. Peipsi järv), kus oluline osa on hüdrobioloogilistel määramistel, usaldati ZBI Võrtsjärve Limnoloogiajaama teadlastele (joonis 2.1). Vaadeldakse kümnet väikejärve, Soodla veehoidlat ja Võrtsjärve.

Peipsi järvel sõitsid varasematel aastatel nii hüdro-meteoroloogia teenistuse kui ZBI ekspeditsioonilaevad. Nüüd saadi kokkuleppele, et seire tehakse EMHI (hüdroloogilised mõõtmised), Lõuna-Eesti Keskkon-nakaitse laboratooriumi (veeanalüüsid) ja Võrtsjärve Limnoloogiajaama (hüdrobioloogilised määramised) ühisekspeiditsioonidega (joonis 4.2).

**Monitoring of lakes** (Lake Peipsi excluded), where hydrobiological measurings are important, is conducted by the scientists of the Võrtsjärve Limnological Station of the Institute of Zoology and Botany (figure 2.1). They monitor 10 small lakes, Soodla reservoir and Lake Võrtsjärv.

Formerly, expedition ships of both the Hydrometeorological Service and the Institute of Zoology and Botany monitored Lake Peipsi. Now it has been agreed that monitoring expeditions will be carried out in collaboration with Estonian Meteorological and Hydrological Institute (hydrological measurements), Environmental Laboratory of South Estonia (water quality) and Võrtsjärve Limnological Station (hydrobiological measurings) (figure 4.2).



**Joonis 4.2** Peipsi järve seire punktid  
**Figure 4.2** Monitoring stations of Lake Peipsi

**Veemõõtmised** tehakse EMHI poolt. Veemõõduposte on 77, neist 61 posti jõgedel, üks Narva veehoidlal, üks Rõuge Suurjärvel, üks Võrtsjärvel, neli Peipsil. Endla Riiklikul Looduskaitsealal (Tooma Soojaam) on üheksa uuritavat lävendit (joonis 1.1, tabel 4.2).

**Hydrometrical gaugings.** Are conducted by Estonian Meteorological and Hydrological Institute, there are 77 stream gauging stations, 61 of them on rivers, 1 on Narva reservoir, 1 on Lake Rõuge Suurjärv, 1 on Lake Võrtsjärvi, 4 on Lake Peipsi. There are 9 measuring stations in Endla State Nature Reservoir (figure 1.1, table 4.2).

**Tabel 4.2** Veemõõtepostid  
**Table 4.2** Water gauging stations

Nr	Veekogu ja veemõõdupost Water body and gauging station	Valgala, Drainage area, km <sup>2</sup>	Mõõtmiste algus Observation from
<b>Veemõõtepostid jõgedel</b> <b>Stream gauging stations on rivers</b>			
1	Narva-Vasknarva	47800	22.09.1902
2	Narva-Stepanovstina	48100	13.07.1956
3	Piusa-Vastseliina	91,8	10.10.1967
4	Võhandu-Himmiste I	848	11.08.1956
5	Võhandu-Räpina	1130	07.07.1924
6	Rõuge-Rõuge	25,8	29.12.1982
7	Emajõgi-Rannu-Jõesuu	3370	03.03.1876
8	Emajõgi-Tartu (Kvissental)	7840	1867
9	Pedja-Tõrve	776	14.07.1924
10	Põltsamaa-Ao	299	18.11.1964
11	Põltsamaa-Pajusi	1030	15.07.1931
12	Preedi-Varangu	34,8	01.01.1970
13	Mustjõgi-1.5 km suudmest	36	28.11.1952
14	Elva-Elva	239	20.07.1931
15	Porijõgi-Reola	241	01.06.1985
16	Ahja-Koorvere	288	10.09.1931
17	Ahja-Ahja	896	22.07.1932
18	Piigaste oja-Piigaste I	11,5	27.09.1945
19	Väike Emajõgi-Tõlliste	1050	29.08.1921
20	Õhne-Tõrva	269	18.03.1928
21	Helme(Riidaja)-Helme	95	01.10.1977
22	Tarvastu-Linnaveski	95	01.10.1977
23	Kääpa-Kääpa	266	30.09.1954
24	Avijõgi-Mulgi	366	30.09.1954
25	Rannapungerja-Roostoja	313	01.12.1955
26	Tagajõgi-Tudulinna	252	30.08.1955
27	Alajõgi-Alajõe	140	14.11.1977
28	Purtse-Lüganuse	784	29.03.1923
29	Pada-Pärna I	137	01.10.1979
30	Kongla oja-Pärna II	38	01.10.1979
31	Kunda-Sämi	406	19.06.1929
32	Valgejõgi-Vanaküla	404	25.10.1928
33	Pudisoo-Pudisoo	123	01.11.1960
34	Jägala-Kehra	899	06.06.1937
35	Pirita-Kloostrimetsa	809	10.01.1973
36	Leivajõgi-Pajupea	83,5	28.10.1927
37	Salu pkr-Salu	5,80	31.03.1953
38	Vääna-Hüür	209	01.01.1968

39 Keila-Keila	635	28.03.1923
40 Vihterpalu-Vihterpalu	474	27.06.1929
41 Kasari-Teenuse	639	02.07.1926
42 Kasari-Kasari	2640	31.07.1924
43 Vigala-Konuvere	618	13.07.1926
44 Velise-Valgu	135	01.07.1975
45 Audru-Audru	326	01.11.1985
46 Pärnu-Türi-Alliku	579	01.10.1976
47 Pärnu-Tahkuse	2080	15.08.1931
48 Pärnu-Oore (Oreküla)	5150	05.08.1922
49 Vodja-Vodja	52	16.09.1963
50 Esna-Põhjaka I	215	01.07.1969
51 Särgvere pkr-Põhjaka II	7,25	15.10.1975
52 Prandi-Tori	279	15.07.1930
53 Vändra-Kiisa	243	13.18.1931
54 Navesti-Aesoo	1030	24.04.1928
55 Saarjõgi-Kaansoo	191	01.11.1979
56 Halliste-Riisa	1880	23.06.1924
57 Pöogle oja-Kuustle	41,8	23.11.1945
58 Pärlijõgi-Sänna	190	01.02.1978
59 Luguse-Luguse	97,6	30.10.1969
60 Leisi (Karja)-Elu	60	01.10.1976
61 Löve-Uue-Löve	134	08.09.1933

**Veemõõtepostid järvedel ja veehoidlal**  
**Gauging stations on lakes and reservoirs**

62 Narva veehoidla-Kulgu sadam		13.03.1966
63 Peipsi jv.-Mehikoorma		14.08.1947
64 Peipsi jv.-Praaga		20.06.1921
65 Peipsi jv.-Mustvee		01.10.1920
66 Peipsi jv.-Alajõe		01.11.1977
67 Rõuge Suurjärv-Rõuge		29.12.1982
68 Võrtsjärv-Rannu-Jõesuu		29.10.1916

**Veeõõtepostid Endla rika-I (Tooma Soojaam)**  
**Gauging stations at Endla Nature Reserve**

69 Linnusaare oja-Linnusaare	1,80	01.01.1962
70 Mustjõgi-ülalp. Endla jv. (Tooma 2)	25,4	01.12.1952
71 Mustjõe pkr-Koluvere	3,85	01.12.1950
72 Mustjõe pkr-Tulijärve	16,2	20.10.1963
73 Tooma kr-Tooma 1	1,01	01.12.1950
74 Põdra kr-Tooma 5	0,46	31.10.1963
75 Männikjärve kr-allp. Männikjärve (Tooma 3)	10,6	01.12.1952
76 Männiku kr-Tooma 4	0,10	01.01.1962
77 Drenaazi koguja-Tooma 6	0,035	01.01.1972

## KASUTATUD KIRJANDUS/REFERENCES

- /1/ Loigu, E.  
Evaluation of the impact of non-point source pollution on the chemical composition of water in small streams and measures for the enhancement of water quality. - River basin management - Pergamon Press PLC, 1985, pp. 213–217.
- /2/ Maastik, A.  
Veekaitse põllumajanduses. Tallinn 1984.
- /3/ Loigu, E., Velner, H.  
Land and water quality in small rivers - Ecological modeling of small rivers and water bodies. Proceedings of Soviet-Danish symposium. Leningrad, 1985, pp. 57–60.
- /4/ Läänemere reostuskoormuse hinnang 1990.a. mõõtmistulemuste põhjal. Tallinna Tehnikaülikool, 1992. Käsikiri.
- /5/ Baltic Sea Environment Proceedings No. 45. Second Baltic Sea Pollution Load Compilation. Helsinki, 1993.
- /6/ Velner, H.A., Aitsam, A.M., Paal, L.L.  
O inženernom rastsjote dopustimõh nagruzok zag-rjaznenija vodotokov. - Materialõ I Vsesojuznovo simpoziuma po voprosam samootsistsenija vodomov i smesenija stotsnõh vod. Tallinn, 1965.
- /7/ Eesti NSV loodusvarade kaitse ja säästliku kasutamise skeem. Veeressursside ratsionaalne kasutamine ja kaitse. Jõgede veekvaliteet. RPUI Eesti Maaparandusprojekt, 1979. Käsikiri.
- /8/ Eesti NSV jõgede arvutuslik veekvaliteet. RPUI Eesti Maaparandusprojekt, 1985. Käsikiri.
- /9/ Loigu, E., Leisk, Ü., Hansen, V.  
Peipsi-Pihkva järve vesikonna jõgede seisund ja vee kvaliteedi pikaajalised muutused. - Peipsi järve seisund II, TA Zooloogia ja Botaanika Instituut, Tartu, 1991, lk.25–35.
- /10/ Hansen, V.  
Põhjasette mõjust väikejõgede vee kvaliteedi kujunemisel. - Peipsi järve seisund II. TA Zooloogia ja Botaanika Instituut, Tartu, 1991, lk.42–45.
- /11/ Forsberg, C., Ryding, S.O.  
Eutrophication parameters and trophic status indices in 30 swedish waste-recieving lakes. - Archiv für Hydrobiol., 1980, vol. 89, p.189–207.
- /12/ Järvekül, A.  
Eesti jõgede vee troofsusaste ja algproduktsooni tase suvel. - Eesti jõgede ja järvede seisund ja kaitse. Tallinn, TA Looduskaitse Komisjon, 1993 (trükkimisel).
- /13/ Juske, A.  
Vesiveskid. Tallinn, 1993.

## LISA/APPENDIX

### Jooniste ja tabelite nimekiri/List of tables and figures:

Joonis	1.1	Vesikonnad ja veemõõtepostid .....	6
Figure	1.1	<i>Drainage areas and water gauging stations .....</i>	6
Tabel	1.1	Suuremad jõed .....	8
Table	1.1	<i>Rivers .....</i>	8
Joonis	1.2	Keskmine hüdrograaf, l/s.km <sup>2</sup> .....	vt. tahvel
Figure	1.2	<i>Mean hydrograph, l/s.km<sup>2</sup> .....</i>	see Annex
Joonis	1.3	Aastakeskmine äravool. 5 a. libisevad moodulid, l/s.km <sup>2</sup> .....	vt. tahvel
Figure	1.3	<i>Annual runoff. 5 years moving averages, l/s.km<sup>2</sup> .....</i>	see Annex
Tabel	1.2	Veemajanduslikud põhinäitajad 1990–1992 .....	12
Table	1.2	<i>General water management data 1990–1992 .....</i>	12
Tabel	1.3	Reostuskoormus 1990–1992 .....	13
Table	1.3	<i>Pollution load 1990–1992 .....</i>	13
Joonis	1.4	Reovee puhastamine .....	14
Figure	1.4	<i>Waste water treatment .....</i>	14
Joonis	1.5	Reovee puhastamise dünaamika .....	15
Figure	1.5	<i>Dynamics of waste water treatment .....</i>	15
Joonis	1.6	Biopuhastite arv .....	16
Figure	1.6	<i>Number of biological waste water treatment plants .....</i>	16
Joonis	1.7	Reoveepuhastite võimsus .....	16
Figure	1.7	<i>Capacity of waste water treatment plants .....</i>	16
Tabel	1.4	Suuremad bioloogilised puhastusseadmed .....	17
Table	1.4	<i>Major biological waste water treatment plants .....</i>	17
Joonis	1.8	Kunstväetiste kasutamine 1939–1992 .....	19
Figure	1.8	<i>Consumption of commercial fertilizers between 1939 and 1992 .....</i>	19
Tabel	1.5	Haritava maa lämmastiku ja fosfori bilanss .....	20
Table	1.5	<i>Nitrogen and phosphorus balance in arable lands .....</i>	20
Joonis	1.9	Toitainete koormusbilanss .....	21
Figure	1.9	<i>Nutrient balance .....</i>	21
Tabel	1.6	Maakasutuse ja toitainete seos väikejõgedes ja ojades .....	22
Table	1.6	<i>Land use and distribution of nutrients in small rivers and streams .....</i>	22
Tabel	1.7	Eestist 1990. aastal Läänemere kantud reostus, t/a .....	24
Table	1.7	<i>Pollution into the Baltic Sea from Estonia in 1990, t/year .....</i>	24
Joonis	1.10	Jõgede arvutuslik veekvaliteet BHT järgi .....	vt. tahvel
Figure	1.10	<i>The map of calculated quality of the water in the rivers according to BOD .....</i>	see Annex

Joonis 1.11	BHT sisalduse dünaamika .....	vt. tahvel
Figure 1.11	Dynamics of BOD .....	see Annex
Tabel 1.8	Üldlämmastiku ja üldfosfori sisalduse tase, vee troofsusaste suvel ning primaarproduktiooni limiteeriv biogeen jõgedes aastail 1986–1993 .....	32
Table 1.8	Total nitrogen and total phosphorus content level, trophic level of water in summer, nutrients limiting the primary production in rivers between 1986–1993 .....	32
Joonis 1.12	Jõgede vee troofsusaste suvel .....	33
Figure 1.12	The trophic level of river water in summer .....	33
Joonis 1.13	Primaarproduktiooni limiteeriv biogeen jõgedes .....	34
Figure 1.13	Nutrients limiting the primary production in rivers .....	34
Joonis 2.1	Limnoloogilised valdkonnad ja uuritud järved .....	35
Figure 2.1	Limnological regions and location of investigated lakes .....	35
Tabel 2.1	150 järve hüdrokeemiliste andmete keskmised väärtused aastail 1998–1991 .....	36
Table 2.1	Average values of the hydrochemical data for 150 lakes between 1998–1991 .....	36
Tabel 2.2	Keskmised hüdrobioloogilised näitajad ja põllumajanduslik reostus Eesti väikejärvedel viimastel aastatel .....	37
Table 2.2	Average hydrobiological characteristics and agricultural pollution in the Estonian small lakes .....	37
Joonis 2.2	Fütoplanktoni sisalduse dünaamika .....	38
Figure 2.2	Some changes in the phytoplankton during the last decades .....	38
Joonis 2.3	Zooplanktoni sisalduse dünaamika .....	39
Figure 2.3	Some changes in the zooplankton during the last decades .....	39
Joonis 2.4	Üldfosfori, üldlämmastiku, lämmastiku ja fosfori suhte, klorofüll a, läbipaistvuse, dikromaatse oksüdeeritavuse, värvuse ja pH jaotumus Peipsi järve eri osades .....	43
Figure 2.4	Regional distribution or the mean values of phosphorus, total nitrogen, N:P ratio, chlorophyll a, transparency, dichromate oxidizability, colour and pH of water in Lake Peipsi .....	43
Joonis 2.5	Peipsi järve bioressurss suvel .....	44
Figure 2.5	Biological resources of Lake Peipsi in summer .....	44
Joonis 3.1	Tallinna pinnaveehaardesüsteemi skeem .....	47
Figure 3.1	The Tallinn surface water supplying system .....	47
Tabel 4.1	Pinnavee kvaliteedi seire lävendid 1993.a. ....	49
Table 4.1	Monitoring stations for water quality in rivers, 1993 .....	49
Joonis 4.1	Pinnavee kvaliteedi seire lävendid .....	50
Figure 4.1	Monitoring stations for water quality .....	50
Joonis 4.2	Peipsi järve seire punktid .....	51
Figure 4.2	Monitoring stations of Lake Peipsi .....	51
Tabel 4.2	Veemõõtepostid .....	52
Table 4.2	Water gauging stations .....	52



